МАШИНОСТРОЕНИЕ

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
В СОРОКА ТОМАХ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ФРОЛОВ К.В.
Председатель редакционного совета

Члены совета:

Белянин П.Н. (зам. Председателя редсовета и главного редактора), Колесников К.С. (зам. Председателя редсовета и главного редактора), Адамов Е.О., Антонов Б.И., Анфимов Н.А., Асташов В.К., Березовский Б.А., Бессонов А.П., Васильев В.В., Глебов И.А., Долбенко Е.Т., Жесткова И.Н., Клюев В.В., Ковалевский М.А., Коптев Ю.Н., Ксеневич И.П., Мартынов И.А., Михайлов В.Н., Новожилов Г.В., Носов В.Б., Образцов И.Ф., Огурцов А.П., Панин В.Е., Паничев Н.А., Патон Б.Е., Петриченко В.Н., Платонов В.Ф., Пугин Н.А., Салтыков Б.Г., Свищев Г.П., Силаев И.С., Сосковец О.Н., Туполев А.А., Федосов Е.А., Фокин А.В., Фортов В.Е., Черный Г.Г., Шемякин Е.И.

МОСКВА "МАШИНОСТРОЕНИЕ" 1997

Раздел IV
РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАШИН

Том IV-13
МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Редактор-составитель
академик Международной академии наук высшей школы
И.А. Мартынов

Ответственный редактор академик РАН
К.В. Фролов

Редакторы тома: **А.Ф. Прошков, А.П. Яскин, Ф.Ф. Светик** (Машины и агрегаты текстильной промышленности. Машины и агрегаты для производства химических нитей и волокон),
И.Г. Цитович (Машины и агрегаты трикотажного производства и производства нетканых материалов),
В.В. Сторожев (Машины и аппараты швейного производства),
В.К. Поляков (Машины и аппараты обувного производства),
А.Г. Бурмистров (Машины и аппараты производства натуральной кожи и меха),
Б.В. Зайцев (Оборудование для производства полимерных пленочных материалов и искусственной кожи),
М.А. Москалев (Технология изготовления и выбор материалов деталей машин текстильной и легкой промышленности)

МОСКВА "МАШИНОСТРОЕНИЕ" 1997

ББК 34.44
М 38
УДК 621.01/.03

Авторы: **И. А. Мартынов, А. Ф. Прошков, А. П. Яскин, М. А. Москалев, В. В. Сторожев, А. А. Анастасиев, В. Н. Аносов, Г. Г. Баскаков, Б. П. Белозеров, Л. А. Богуславский, А. П. Бурмистенков, А. Г. Бурмистров, Н. Я. Гладких, В. М. Горчакова, А. Х. Джалилов, В. В. Жуков, Б. В. Зайцев, Ю. Р. Зельдин, В. А. Иванов, И. С. Иванов, В. Г. Ильин, Ю. А. Карагезян, И. А. Киселев, А. С. Козлов, В. А. Козлов, Е. Н. Колесникова, Л. И. Коротеева, Б. А. Кузнецов, Г. К. Кузнецов, В. Н. Лохманов, Н. И. Максимов, Р. М. Малафеев, А. А. Мартиросов, И. И. Матюшев, Н. С. Махова, А. В. Мещеряков, И. И. Мигушов, С. В. Незеленов, В. А. Немокаев, В. М. Никифоров, О. Н. Озерский, Г. Г. Павлов, В. В. Петров, А. В. Пинхасович, Э. А. Попов, С. Е. Проталинский, В. П. Русаков, С. С. Рябцев, В. С. Самсонов, Ф. Ф. Светик, В. А. Семенякин, А. П. Сергеенков, Л. К. Сизенов, Ю. П. Сидоров, Г. П. Сироткин, В. И. Ступа, В. И. Терентьев, О. А. Терентьев, А. А. Туваева, Ю. Я. Тюменев, Ю. И. Урсков, В. Т. Усенко, Ю. Г. Фомин, И. Г. Цитович, П. И. Чередниченко, А. И. Щеголев**

Рецензенты: **К. И. Бахматов, Н. И. Большакова, Л. А. Доркин, В. П. Зайцев, Д. Я. Ильинский, В. А. Линник, Р. К. Мещеряков, В. В. Педловский, А. П. Соркин, Б. С. Сункуев, В. И. Трещалов, Н. И. Шелудяков**

М 38

Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. - М.: Машиностроение.
Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности. Т. IV - 13 / И. А. Мартынов, А. Ф. Прошков, А. П. Яскин и др.; Под общ. ред. И. А. Мартынова. 1997. - 608 с., ил.
ISBN 5-217-01949-2
ISBN 5-217-02866-1 (Т. IV-13)

Рассмотрены конструкции и принципы работы машин и агрегатов текстильной и легкой промышленности, технологические, кинематические и динамические расчеты и методы проектирования основных и специальных устройств. Обозначены пути совершенствования и перспективного развития этого оборудования с учетом мировых достижений в области технологии и машиностроения.

ББК 34.44

ISBN 5-217-01949-2
ISBN 5-217-02866-1 (Т. IV-13)

© Издательство "Машиностроение", 1997

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 11

Раздел 1. МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 13

Глава 1.1. **ПРЯДИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО** 13

1.1.1. Машины и агрегаты разрыхлительно-трепального отдела (*С. С. Рябцев*) 13

1.1.2. Чесальные машины (*В. В. Петров*) 20

1.1.3. Ровничные и ленточные машины (*В. Т. Усенко*) 28

1.1.4. Кольцепрядильные и кольцекрутильные машины (*Э. А. Попов*) 35

1.1.5. Машины безверетенного прядения (*А. А. Мартиросов*) 38

1.1.6. Механизмы машин прядильного производства (*С. С. Рябцев, Э. А. Попов, Ф. Ф. Светик*) 41

1.1.7. Аэродинамика текстильных машин (*Г. Г. Павлов*) 58

Глава 1.2. **ТКАЦКОЕ ПРОИЗВОДСТВО** 63

1.2.1. Машины приготовительно-ткацкого производства (*Р. М. Малафеев*) 63

1.2.2. Ткацкие машины (*Ю. П. Сидоров*) 68

1.2.3. Челночные ткацкие машины (*В. И. Терентьев*) 68

1.2.4. Бесчелночные ткацкие машины (*О. А. Терентьев*) 72

1.2.5. Многофазные ткацкие машины (*В. И. Терентьев*)..... 90

1.2.6. Лентоткацкие машины (*И. И. Мигушов*) 91

1.2.7. Специальные ткацкие машины (*Ю. П. Сидоров*) ... 94

1.2.8. Механизмы и устройства машин ткацкого производства (*А. А. Туваева, В. И. Терентьев, Ю. И. Урсков, И. А. Мартынов, А. В. Мещеряков*) 99

Глава 1.3. **ПРОИЗВОДСТВО ПРЯЖИ ИЗ ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН** 140

1.3.1. Льночесальные машины (*Г. К. Кузнецов, С. Е. Проталинский*) 140

1.3.2. Раскладочные и ленточные машины (*Г. К. Кузнецов, С. Е. Проталинский, С. В. Незеленов, В. А. Козлов*) 144

1.3.3. Ровичные, кольцевые и бескруточные прядильные машины для мокрого прядения (*В. А. Козлов, С. В. Незеленов, В. Н. Аносов*) 149

1.3.4. Поточные линии (*Г. К. Кузнецов, С. Е. Проталинский*) 153

1.3.5. Кардочесальные и гребнечесальные машины (*С. В. Незеленов, В. А. Козлов*) 155

1.3.6. Кольцевые прядильные машины сухого прядения (*С. В. Незеленов, В. А. Козлов*) 160

1.3.7. Разрывно-смешивающая, пневмомеханическая и самокруточная машины (*В. А. Козлов, В. Н. Аносов, С. В. Незеленов*) 162

Глава 1.4. **ОТДЕЛОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО** 165

1.4.1. Оборудование для сухой отделки текстильных материалов (*Н. С. Махова, Н. И. Максимов, И. А. Киселев, Ю. Г. Фомин, Ю. Р. Зельдин*) 165

1.4.2. Оборудование для мокрой отделки текстильных материалов (*А. И. Щеголев, В. С. Самсонов, Ю. Р. Зельдин, Ю. Г. Фомин*) 177

1.4.3. Линии для отделки текстильных материалов (*Ю. Г. Фомин*) 194

1.4.4. Основные узлы и механизмы текстильного отделочного оборудования (*Ю. Г. Фомин*) 195

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 199

Раздел 2. МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ТРИКОТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПРОИЗВОДСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ 202

Глава 2.1. **МАШИНЫ И АВТОМАТЫ ТРИКОТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА** 202

2.1.1. Кругловязальные машины (*И. Г. Цитович*) 202

2.1.2. Кругловязальные чулочно-насочные автоматы (*Е. Н. Колесникова*) 218

2.1.3. Плосковязальные машины (*А. В. Пинхасович*) 224

2.1.4. Основовязальные и плетельные машины (*Б. А. Кузнецов*) 231

Глава 2.2. **МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ** 239

2.2.1. Машины для получения волокнистых холстов (*Ю. Я. Тюменев*) 239

2.2.2. Вязально-прошивные машины (*А. П. Сергеенков*) 242

2.2.3. Иглопробивные машины и агрегаты (*А. П. Сергеенков*) 245

2.2.4. Клеевые агрегаты (*В. М. Горчакова*) 249

2.2.5. Машины для производства валяльно-войлочных изделий (*А. П. Сергеенков*) 260

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 269

Раздел 3. МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ И ВОЛОКОН 271

Глава 3.1. **МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ И ВОЛОКОН** 271

3.1.1. Формовочные машины (*Л. И. Коротеева, А. П. Яскин*) 271

3.1.2. Крутильные и тростильно-крутильные машины (*А. П. Яскин, Л. И. Коротеева*) 279

3.1.3. Крутильно-вытяжные и намоточно-вытяжные машины (*И. И. Матюшев, Н. Я. Гладких*) 283

3.1.4. Текстурирующие машины (*Г. Г. Баскаков*) 285

3.1.5. Перемоточные машины (*В. П. Русаков*) 287

3.1.6. Резальные машины (*О. Н. Озерский*) 287

3.1.7. Механизмы и устройства машин для производства химических нитей и волокон (*А. Ф. Прошков, А. П. Яскин, Л. И. Коротеева, П. И. Чередниченко, В. И. Ступа, В. Г. Ильин, Н. Я. Гладких, Г. Г. Баскаков, О. Н. Озерский*) 290

Глава 3.2. **АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ И ВОЛОКОН** 335

3.2.1. Агрегаты для производства вискозных волокон (*И. И. Матюшев*) 335

3.2.2. Агрегаты для производства полиамидных и полиэфирных волокон (*П. И. Чередниченко*) 336

3.2.3. Агрегаты для получения специальных нитей и волокон (*В. А. Немокаев*) 339

3.2.4. Агрегаты для переработки отходов производства химических волокон (*Б. П. Белозеров*) 341

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 343

Раздел 4. МАШИНЫ И АППАРАТЫ ШВЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА 344

Глава 4.1. **ОБОРУДОВАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА** (*А. А. Анастасиев*) 344

4.1.1. Измерение площади лекал 344

4.1.2. Разбраковка и измерение материалов 345

4.1.3. Настилание тканей 347

Глава 4.2. **РАСКРОЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ** (*А. А. Анастасиев*) 349

4.2.1. Способы раскроя материалов 349

4.2.2. Резание материалов подвижными ножами 352

4.2.3. Конструкция, работа и расчет стационарных раскройных машин 354

4.2.4. Конструкция, работа, расчет и проектирование передвижных раскройных машин 358

Глава 4.3. **ШВЕЙНЫЕ МАШИНЫ** 362

4.3.1. Челночные машины общего назначения (*В. В. Сторожев, А. С. Козлов*) 362

4.3.2. Машины для выполнения зигзагообразных строчек (*А. С. Козлов*) 376

4.3.3. Машины цепного переплетения ниток (*В. А. Семенякин*) 378

4.3.4. Автоматизированные машины (*А. С. Козлов*) 391

Глава 4.4. **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ** (*А. А. Анастасиев*) 393

4.4.1. Особенности процесса обработки, классификация оборудования 393

4.4.2. Конструкция и работа оборудования 404

4.4.3. Расчет и проектирование механизмов и устройств 405

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 407

Раздел 5. МАШИНЫ И АППАРАТЫ ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА 409

Глава 5.1. **МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ОБУВИ** (*Ю. А. Карагезян*) 409

5.1.1. Раскройное оборудование для получения заготовок обуви 409

5.1.2. Оборудование для обработки деталей низа обуви 411

5.1.3. Оборудование для обработки деталей верха обуви 415

5.1.4. Оборудование для формования и сборки обуви 417

Глава 5.2. **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБУВИ** (*Ю. А. Карагезян*) 428

5.2.1. Полуавтоматические линии для производства обуви клеевым методом 428

5.2.2. Оборудование для производства обуви литьевым методом и методом горячей вулканизации 430

5.2.3. Оборудование для пристрачивания подошв и затяжки обуви 436

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 440

Раздел 6. МАШИНЫ И АППАРАТЫ ПРОИЗВОДСТВА НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ И МЕХА 441

Глава 6.1. **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА КОЖЕВЕННО-МЕХОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА** 441

6.1.1. Аппараты для обработки сырья и полуфабриката жидкостями (*В. В. Жуков*) 441

6.1.2. Машины с ножевыми валами (*А. Г. Бурмистров*) 448

6.1.3. Двоильно-ленточные машины (*Б. В. Зайцев*) 460

6.1.4. Оборудование для отжима влаги (*А. Х. Джалилов*) 464

6.1.5. Оборудование для сушки полуфабриката (*В. В. Жуков*) 466

Глава 6.2. **ОТДЕЛКА КОЖИ И МЕХА** 469

6.2.1. Машины для обработки деформированием (*А. Г. Бурмистров*) 469

6.2.2. Шлифовально-обеспыливающие машины и агрегаты (*Б. В. Зайцев*) 476

6.2.3. Агрегаты покрывного крашения (*А. Х. Джалилов*) 478

6.2.4. Измерительные комплексы (*А. Х. Джалилов*) 480

6.2.5. Оборудование для обработки волосяного покрова меховых шкурок (*А. Г. Бурмистров*) 482

Глава 6.3. **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КОЖЕВЕННО-МЕХОВОГО ПРОИЗВОДСТВА** (*Б. В. Зайцев*) 484

6.3.1. Устройства автоматизации и механизации вспомогательных операций 485

6.3.2. Механизированные технологические комплексы для предварительной механической обработки кожевенного полуфабриката 490

6.3.3. Автоматизированные технологические комплексы отделочных цехов 492

6.3.4. Автоматизированные системы управления технологическими процессами и комплексами 494

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 496

Раздел 7. **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ** 497

Глава 7.1. **ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛОВ** 497

7.1.1. Оборудование для измельчения материалов (*Б. В. Зайцев*) 497

7.1.2. Оборудование для смешения сыпучих материалов и приготовления смесей малой вязкости (*А. П. Бурмистенков*) 503

7.1.3. Машины для приготовления смесей повышенной вязкости (*Б. В. Зайцев, А. П. Бурмистенков*) 507

Глава 7.2. **ФОРМОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ** 511

7.2.1. Валковые машины (*Б. В. Зайцев, А. П. Бурмистенков*) 511

7.2.2. Литьевые машины и агрегаты (*В. М. Никифоров*) 513

Глава 7.3. **ПРОИЗВОДСТВО ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ НА РУЛОННОЙ ОСНОВЕ** (*Г. П. Сироткин*) 518

7.3.1. Оборудование для пропитки 518

7.3.2. Дублировочные агрегаты 521

7.3.3. Наносные устройства 522

7.3.4. Сушильные и желирующие устройства 526

7.3.5. Намоточные устройства 527

Глава 7.4. **ПРОИЗВОДСТВО КОЖЕВЕННОГО КАРТОНА** (*Г. П. Сироткин*) 530

7.4.1. Прессы для отлива однослойных картонов 530

7.4.2. Цилиндровые папочные машины 531

7.4.3. Плоскосеточные машины 532

7.4.4. Машины и агрегаты для производства рулонного картона 532

7.4.5. Механизмы и устройства картоноделательных машин 534

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 541

Раздел 8. **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ** 543

Глава 8.1. **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН** 543

8.1.1. Кольца прядильных и крутильных машин (*И. С. Иванов*) 543

8.1.2. Вытяжные цилиндры (*И. С. Иванов*) 544

8.1.3. Батанные кулаки ткацких станков (*И. С. Иванов, В. Н. Лохманов*) 545

8.1.4. Язычковые трикотажные иглы (*И. С. Иванов, Л. А. Богуславский*) 546

8.1.5. Игольницы плосковязальных трикотажных машин (*И. С. Иванов, Л. А. Богуславский*) 547

8.1.6. Перспективы развития технологии текстильного машиностроения (*Л. К. Сизенов, В. Н. Лохманов*) 548

Глава 8.2. **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ** (*Л. К. Сизенов*) 549

8.2.1. Модель точности технологической операции 549

8.2.2. Модель точности технологического процесса 553

8.2.3. Оптимизация допусков на параметры технологического процесса 556

8.2.4. Точность размеров и формы деталей типа дисков 562

8.2.5. Точность размеров и формы цилиндрических деталей 565

8.2.6. Взаимосвязь между диаметральными и радиусными отклонениями формы цилиндрических деталей 568

8.2.7. Оптимизация числа измерений при контроле точности формы деталей тел вращения 571

8.2.8. Поле рассеяния, коэффициенты относительной асимметрии и относительного рассеяния погрешностей обработки 575

8.2.9. Расчет вероятного брака деталей при заданной точности и настроенности технологического процесса 576

8.2.10. Оценка систематической и случайной составляющих суммарной погрешности обработки 579

8.2.11. Определение времени подналадки технологической системы 583

8.2.12. Управление точностью технологических процессов механической обработки (*Л. А. Богуславский*) 587

Глава 8.3. **МАТЕРИАЛЫ ДЕТАЛЕЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН И МАШИН ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ** 590

8.3.1. Материалы деталей текстильных машин (*М. А. Москалев*) 590

8.3.2. Материалы деталей машин легкой промышленности (*В. А. Иванов*) 594

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 599

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 600

ПРЕДИСЛОВИЕ

В текстильной и легкой промышленности применяется большое разнообразие машин и аппаратов (свыше 5 000 наименований), что обусловлено специфическими свойствами обрабатываемого исходного сырья и жесткими требованиями к получаемой продукции, ассортимент которой следует за непрерывными изменениями в моде.

В предлагаемом томе впервые обобщен материал по конструкциям, технологическим, кинематическим, силовым расчетам и методикам проектирования такого оборудования. Приведены сведения по надежности машин и отдельных агрегатов с очень ограниченным сроком службы рабочих органов (до нескольких часов), к которым относятся нитепроводящая гарнитура, ножи резальных машин, нитеводители, иглы иглопробивных и других машин со значительными скоростями движения. Применение ЭВМ и микропроцессорной техники рассматривается в связи с разработкой технологических процессов и контроля качества продукции.

Кроме машин и аппаратов отечественного производства описаны конструкции и даны характеристики машин передовых зарубежных фирм, например Текстима, Трютцшлер (Германия), Зульцер-Рюти, Беннингер (Швейцария), Шторк (Голландия), Цудакома (Япония).

Том содержит восемь разделов. В разделе 1 рассмотрены машины и агрегаты текстильной промышленности (разрыхлительно-трепальные, чесальные, ленточные, ровничные, прядильные, крутильные и др.), даны оригинальные методы расчетов (роторных механизмов прядильных и крутильных машин, приводов рабочих органов, боевых механизмов и механизмов образования зева ткацких станков и др.).

В разделе 2 представлены машины и агрегаты, применяемые для изготовления трикотажных изделий и нетканых материалов (кругловязальные, плосковязальные, петельные, холстообразующие и др.), их электронные системы управления, микропроцессорные устройства, электромагнитные и пьезоэлектрические исполнительные органы, программно-регулируемые системы привода. В качестве основных характеристик оборудования введены показатели технологической точности и надежности.

В разделе 3 рассмотрены машины и агрегаты для производства химических нитей и волокон (формовочные, отделочные, крутильные, крутильно-вытяжные, текстурирующие и др.), для получения и отделки нитей и волокон специального назначения и переработки отходов производства химических волокон. Приведены оригинальные методы расчета и проектирования высокоскоростных нитеносителей, электроверетен, бобинодержателей, механизмов ложного кручения, безынерционных механизмов раскладки с круговым движением нитеводителя; описаны высокоточные и высокопроизводительные расплавители экструдерного типа, дозирующие насосы, фильтры для формовочных растворов и расплавов, фильеры, формовочные трубки и воронки, устройства для вытягивания нитей и жгутов, манипуляторы для съема наработанных паковок и установки нитеносителей.

Раздел 4 посвящен машинам и аппаратам швейного производства с высокой степенью унификации и оснащением специальными приспособлениями. Использование микро-ЭВМ позволяет автоматизировать размножение лекал и выполнение раскладок. Представлены современные системы автоматического управления, которые позволяют оптимизировать режимы влажно-тепловой обработки в зависимости от свойств обрабатываемого материала.

В разделе 5 даны машины и аппараты обувного производства (раскройные, для обработки деталей, для формования и сборки изделия и др.) с широким применением механических, пневматических, гидравлических, электрических и комбинированных систем, в том числе с использованием специальных средств с микропроцессорным управлением.

Раздел 6 посвящен машинам и аппаратам производства натуральной кожи и меха (предварительной обработки кожевенно-мехового полуфабриката и окончательной отделки), а также автоматизированным технологическим комплексам мехового производства с автоматизированной системой управления.

Даны оригинальные методы расчета и проектирования специфических рабочих органов машин (элементов баркаса, подвесных барабанов, ножевых валов, ленточных ножей и т. д.), применяемых в производстве кожи и меха.

Машины и агрегаты производств полимерных пленочных материалов и искусственной кожи рассматриваются в разделе 7 (для подготовки материалов, используемых в качестве исходных компонентов производства, формования изделий, производства искусственных кож на рулонной основе, производства кожевенного картона). Изложена методика расчета основных технологических и конструктивных параметров этого оборудования.

Раздел 8 посвящен технологии изготовления и выбору материалов наиболее ответственных и массовых деталей машин текстильной и легкой промышленности (колец прядильных и крутильных машин, вытяжных цилиндров, батанных кулаков ткацких станков, язычковых трикотажных игл и др.). Большое внимание уделено вопросам повышения точности технологических процессов как важнейшему условию достижения высокого качества технологического оборудования. Приведены математические модели технологических процессов, на основе которых решаются задачи точности и обеспечения качества машин. Рассмотрены вопросы оптимизации допусков на параметры технологического процесса по заданной точности обработки на основании критерия минимальной себестоимости. Приведены системы автоматического управления точностью обработки и их алгоритмы.

Академик
Международной академии наук
высшей школы
И. А. Мартынов

РАЗДЕЛ 1

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Глава 1.1
ПРЯДИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение прядильного производства - получение равномерной по линейной плотности и структуре нити (пряжи) бесконечной длины из волокон естественного происхождения (хлопок, шерсть, пенька, джут, шелк) и химических. По технологическим процессам машины прядильного производства разделяют на разрыхлительно-трепальные, чесальные, ленточные, ленточно-вытяжные, гребнечесальные, ровничные, холстовытяжные, прядильные и крутильные. Совокупность машин, на которых последовательно обрабатывается волокнистый материал, определяет систему прядения.

1.1.1. МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ РАЗРЫХЛИТЕЛЬНО-ТРЕПАЛЬНОГО ОТДЕЛА

Поступающий в производство волокнистый материал содержит различные сорные примеси, которые влияют на качество пряжи: раздавленные семена, кусочки листьев, стебли, песок и пыль в хлопке; примеси растительного и минерального происхождения в кипах из шерсти; костра и пыль в лубяных волокнах и др. Волокно по ходу технологического процесса подвергают многостадийной обработке. Независимо от вида волокна процессы обработки являются аналогичными. Для эффективного удаления сорных примесей различного вида без повреждения волокон необходим комплекс машин, оснащенных различными рабочими органами: ножевыми и колковыми барабанами, планочными, пильчатыми, игольчатыми трепалами и др. При этом состав цепочки очистительных машин зависит от степени засоренности волокна, вида сортировки, а также длины, линейной плотности (тонины) и разрывной прочности волокон: отсюда цепочки - разрыхлительно-очистительный и разрыхлительно-трепальный агрегаты, поточная линия.

Основные технологические процессы. *Разрыхление волокон* (получение разрыхленной массы, состоящей из мелких клочков) на первой стадии обработки способствует улучшению их очистки от примесей и смешиванию. Большую роль при очистке волокон от примесей играет траектория движения воздушных потоков, транспортирующих волокна в агрегате. При движении воздушно-волокнистого потока по криволинейным траекториям центробежные силы способствуют выделению из него сорных примесей.

В разрыхлительно-очистительных агрегатах применяют кипоразрыхлители (кипные питатели), которые по способу отбора волокон делят на кипоразрыхлители с нижним и верхним отбором, а по числу одновременно перерабатываемых кип - на одно-, двух- и многокипные. Отбор волокон из кип производится при вращательном и возвратно-поступательном движении колковых барабанов вдоль верхней поверхности кипы (КР-250-3) или при возвратно-поступательном движении контейнера с установленными в нем кипами относительно расположенных ниже вращающихся колковых барабанов (РКА-2Х, АПК-3). Производительность таких машин (100 ÷ 250 кг/ч) зависит от силы прижима кипы к решетке, сквозь которую производится отбор волокон.

Для снижения влияния на производительность уменьшения массы и высоты кип последние устанавливают на подъемную платформу (при верхнем отборе волокон) или создают дополнительную нагрузку на кипы (при нижнем отборе волокон). Средняя масса отбираемых клочков волокон 0,1 ÷ 0,3 г.

Степень (эффект) очистки волокон в кипоразрыхлителе достигает 28 %. Разрыхлительно-очистительные агрегаты оснащают кипоразрыхлителями с верхним отбором волокон, у которых разрыхлительный орган расположен на колонне, перемещающейся вдоль ставки кип, установленной на полу. Разрыхлительные барабаны с ножами специальной формы позволяют при эластичном зажиме волокон получать клочки средней массы (0,025 ÷ 0,030 г), что значительно облегчает процесс их очистки. Производительность таких машин превышает 1000 кг/ч, поэтому одна машина может питать два - три агрегата. Степень очистки $\varepsilon_{0(l)}$ показывает, какой процент примесей выделен из исходного сырья в результате его очистки:

для одной машины

$$\varepsilon_{0(i)} = \frac{c_{вх(i)} - c_{вых(i)}}{c_{вх(i)}} 100\%,$$

для n последовательно работающих машин

$$\varepsilon_{0(\varepsilon)} = \left[1 - \prod_{i=1}^{n}\left(1 - \frac{\varepsilon_{0(i)}}{100}\right)\right] 100\%,$$

где $c_{вх}$ и $c_{вых}$ - количество сорных примесей во входящем и выходящем материале.

Степень очистки на современных разрыхлительно-очистительных агрегатах достигает 70 ÷ 80 %.

Очистка волокон осуществляется в зажатом или свободном состоянии. В первом случае происходит ударное воздействие рабочего органа, а во втором - ударное воздействие клочков материала о колосниковую решетку с выделением сорных примесей между колосниками и растаскивающее воздействие на материал подвижного рабочего органа и неподвижной колосниковой решетки.

Трепание волокон - окончательный процесс разрыхлительно-трепального агрегата, при котором волокнистый материал окончательно разрыхляется и очищается с помощью ножевых, планочных и игольчатых органов. Степень трепания оценивается числом ударов, приходящихся на единицу длины $s_{тр}$ или единицу массы $s'_{тр}$ обрабатываемого материала:

$$s_{тр} = \frac{nk}{60v_п}; \quad s'_{тр} = \frac{1000nk}{60v_п T},$$

где n - частота вращения трепала, мин$^{-1}$; k - число бил трепала; $v_п$ - скорость питания, м/с; T - линейная плотность холста, текс.

Смешивание волокон - процесс перемешивания каждого компонента внутри себя, а также равномерное распределение волокон каждого компонента во всей смеси. Классический способ смешивания волокон основан на одновременной переработке 36 - 60 кип, а на современных поточных линиях, включающих кипоразрыхлители с подвижной колонной, количество последних превышает 100.

Смешивание начинается сразу после разрыхления кип и продолжается на стадиях переработки волокон. Смешивание в больших объемах осуществляется в смесовых машинах (установках), работающих по принципу многослойной постели с горизонтально расположенными слоями и вертикальным отбором волокон, или в многокамерных машинах с вертикальным расположением камер и отбором волокон в нижней части из всех камер одновременно.

Окончательное разделение клочков на отдельные волокна, полное удаление сорных примесей и волокон с пороками, частичное удаление коротких волокон происходит под воздействием пильчатой и игольчатой гарнитур рабочих органов чесальных машин.

Комплексы технологического оборудования для подготовки волокон к прядению отличаются составом разрыхлительно-очистительных агрегатов (в зависимости от перерабатываемых волокон или их смеси), конструкцией машин, их производительностью, уровнем механизации и автоматизации. Для современных поточных линий характерно обязательное включение устройств, обеспечивающих обеспыливание полупродукта и снижение уровня запыленности в зоне обслуживания.

Комплекс разрыхлительно-очистительных машин поточной линии кипа - чесальная лента (рис. 1.1.1) **фирмы Трютцшлер (Германия).** Комплекс производительностью 600 кг/ч предназначен для выработки чесальной ленты с линейной плотностью 4,5 ктекс из хлопка засоренностью 8,5 %. Степень очистки хлопка 60 ÷ 75 %.

Кипоразрыхлитель BDT 019 с микропроцессорной системой управления ВС предназначен для отбора клочков волокон с верхней поверхности кип и передачи их в следующую машину (рис. 1.1.2). Базовая длина машины 23 045 мм. При необходимости она может быть уменьшена (до 10 670 мм) или увеличена (до 50 270 мм), для чего используются секции длиной 2475 мм.

Кипоразрыхлитель оснащен разборщиком *2* рабочей шириной 1600 или 2200 мм. При максимальной длине ставки 45 410 мм и ширине разборщика 2200 мм с одной стороны машины можно установить одновременно до 180 кип (шириной 500 и длиной 1050 мм), сгруппировав их по видам волокон или по сортам. Таких групп с каждой стороны может быть по четыре. Вертикальное перемещение разборщика 1800 мм, поэтому высота кип в ставке не должна превышать 1700 мм. Излишки волокнистой массы перед началом работы снимаются. Опорные валики *5* установлены перед рыхлительными барабанами *3*, между ними и за ними. Жесткие решетки *4* ограничивают проникновение зубьев рыхлительных барабанов в глубь кипы и предотвращают захват крупных клочков волокон. Зубья барабанов выступают за габариты решеток на 10 мм.

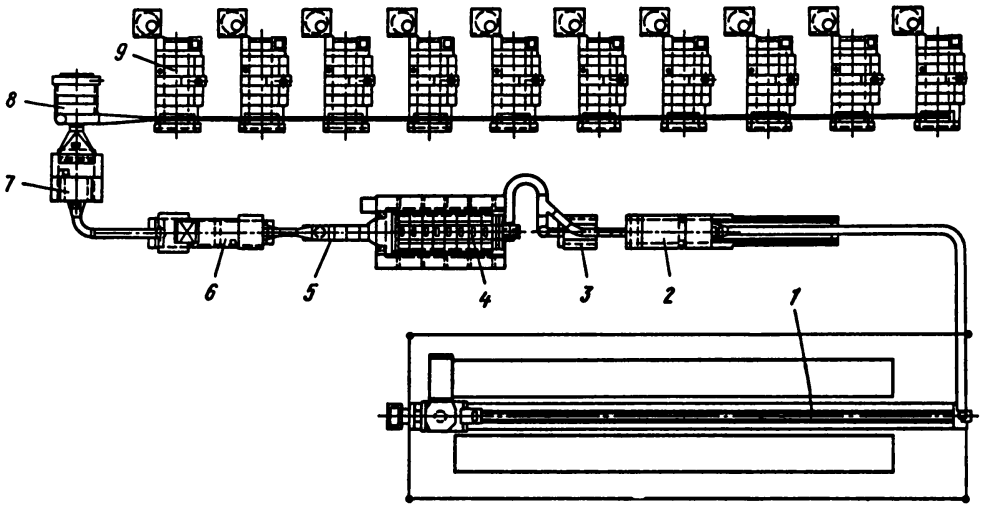


Рис. 1.1.1. Основной технологический процесс поточной линии "кипа - чесальная лента" фирмы Трютцшлер (план):
1 - кипоразрыхлитель Blendomat BDT 019 с верхним отбором волокон; *2* - предварительный смеситель GBRA с конденсером LVSA и конвейером для обратов; *3* - осевой очиститель AXI-FLO AFC; *4* - смесовая машина MPM 8; *5* - отделитель тяжелых частиц Separomat ASTA; *6* - очистительная линия (конденсор LVS, питающий бункер BE 1000, наклонный очиститель SRS 6, устройство MA для отсоса пыли и очиститель RN с ножевым барабаном); *7* - резервный питатель с конденсером LVS, резервным бункером BE 1600 и очистителем RSK 1600 (трепало с пильчатой гарнитурой); *8* - обеспыливающая машина DUSTEX DX; *9* - бесхолстовые кардочесальные машины DK-740 (десять) с системой бункерного питания FBK 533/10

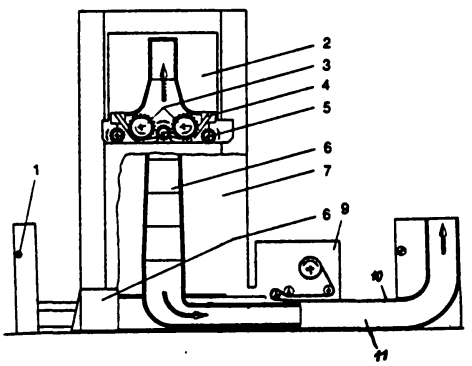


Рис. 1.1.2. Кипоразрыхлитель BDT 019 с микропроцессорной системой управления BC:
1 - станция управления; *2* - разборщик; *3* - рыхлительный барабан диаметром 240 мм (два); *4* - жесткая решетка (две); *5* - звездообразный опорный валик (три); *6* - телескопический пневмопровод; *7* - поворотная колонна; *8* - каретка; *9* - наматывающее устройство; *10* - гибкий элемент; *11* - корытообразный желоб

Рыхлительные барабаны *3* представляют собой трубу диаметром 140 мм, к которой приварены диски толщиной 6 мм с зубьями высотой 50 мм. Каждый диск с четырьмя зубьями имеет форму одного витка спирали. Благодаря наклону дисков и смещению их на рыхлительных барабанах достигается проработка всей поверхности кип. К опорным валикам, изготовленным из трубы диаметром 85 мм, приварены звездообразные диски толщиной 3 мм на расстоянии 60 мм друг от друга, высота зубьев на крайних валиках 28 мм, шаг 57 мм, на среднем валике высота зубьев 15 мм, шаг 30 мм. Линейная скорость опорных валиков равна скорости перемещения каретки при рабочем ходе (5 ÷ 15 м/мин).

Рыхлительные барабаны, вращаясь навстречу друг другу с частотой 1500 мин$^{-1}$ и одновременно перемещаясь вдоль ставки кип, отбирают клочки волокон средней массой 0,025 г и сбрасывают их в волокноотвод, расположенный над барабанами и соединенный с пневмоприводом *6*. Пневмопривод переходит в желоб *11*, из которого волокна выбираются потоком воздуха, создаваемым конденсером GBRA предварительного смесителя. Желоб закрыт сверху гибким элементом *10*. Устройство *9* обеспечивает разматывание или сматывание гибкого элемента по мере перемещения каретки.

После завершения очередного рабочего хода разрыхляющее устройство автоматически опускается на 0,1 ÷ 19,9 мм (чаще на 7 мм). Если машина программируется на одновременное срабатывание всей ставки кип, то опускание разрыхляющего устройства для разных по высоте групп кип будет различным. В этом случае задается опускание разборщика

для самой высокой группы и микропроцессор определяет число рабочих ходов. Корректировка смещения разборщика над группами кип меньшей высоты осуществляется благодаря наличию следящей системы и микропроцессора. Разрыхляющее устройство имеет защиту от перегрузок. Если смещение разрыхлителя выбрано неправильно и между рыхлительными барабанами и кипами или между решетками и кипами создается повышенное рабочее давление, в микропроцессор подается сигнал и при последующих рабочих ходах величина опускания разрыхлительного устройства для всех групп кип будет снижена и это будет продолжаться до тех пор, пока давление не нормализуется. Сигнал о рабочем давлении поступает от переднего опорного валика, имеющего подпружиненные опоры.

Машина может быть пущена в работу только при условии, что определена зона работы разрыхляющего устройства (справа или слева, либо на обе стороны, выбрано вертикальное смещение в миллиметрах). Перед началом работы разрыхляющее устройство перемещается над группами кип и машина самостоятельно регистрирует начало и окончание группы кип, а также уровень расположения кип. Каретка с разборщиком автоматически совершает возвратно-поступательное перемещение вдоль ставки кип и останавливается при достижении заданного уровня волокон в бункере последующей машины. При этом разборщик поднимается на 300 мм. Разрыхлительные барабаны приводятся во вращение индивидуальными двигателями, которые немедленно останавливают барабаны при возникновении каких-либо помех в работе. Максимальная производительность машины 2000 кг/ч.

В предварительном смесителе GBRA (рис. 1.1.3) происходит первоначальное смешивание клочков волокон, снятых с разных кип. Вместе с дозирующим бункером он является накопителем материала, используемого для питания агрегата при обратном холостом ходе кипоразрыхлителя или при переходе от одной группы кип к другой. Волокна поступают в питатель по пневмопроводу со скоростью 10÷15 м/мин. Воздушный поток создается вентилятором *1* высокопроизводительного конденсера LVSA. Пыль и мелкий сор, выделяющиеся в кипоразрыхлителе, уносятся через перфорацию сетчатого барабана *2* конденсера. Волокна сбрасываются сбивным барабаном *3* в дозирующий бункер, уровень в котором определяется положением фотоэлемента *4*.

Два выпускных валика *5* подают волокна на конвейер *6*, доставляющий волокна в камеру питателя объемом 1 м^3. Волокна отбираются наклонной игольчатой решеткой *13* с 54-мя планками, на которых с шагом 30 мм расположены иглы высотой 30 мм. Степень запол-

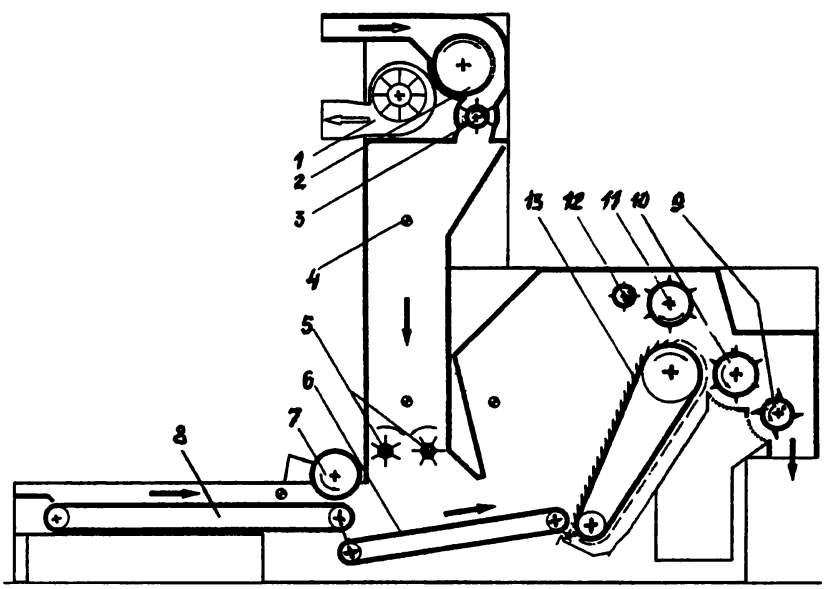


Рис. 1.1.3. Предварительный смеситель GBRA:
1 - вентилятор; *2* - сетчатый барабан конденсера; *3* - сбивной барабан; *4* - фотоэлемент; *5* - выпускные валики; *6*, *8* - конвейеры; *7* - нажимной вал; *9* - очистительный валик; *10* - сбивной валик; *11* - разравнивающий валик; *12* - чиститель; *13* - игольчатая решетка

нения игольчатой решетки волокнами регулируется разравнивающим валиком *11* диаметром 425 мм с шестью рядами конических колков высотой 57 мм и диаметром у основания 12 мм. Разводка между решеткой и валиком +30 ÷ -5 мм. Чиститель *12* сбрасывает волокна с поверхности разравнивающего валика в камеру. Степень наполнения камеры питателя регулируется фотоэлементом, который включает и выключает выпускные валики дозирующего бункера.

Волокна с игольчатой решетки снимаются сбивным валиком *10*, который вместе с расположенной под ним решеткой с семью колосниками выполняет роль очистителя волокон. Другой очистительный валик *9* оснащен четырьмя рядами коробчатых элементов высотой 73 мм с плоской рабочей гранью шириной 30 мм, под ним находится колосниковая решетка с восемью колосниками. Очищенные волокна сбрасываются в отводящую воронку для питания следующей машины.

Предварительный смеситель GBRA имеет конвейер *8* для подачи вручную в агрегат угаров, а в случае выхода из строя кипоразрыхлителя BDT он может служить обычным кипным питателем, для чего надо приподнять нажимной вал *7* и отрегулировать скорость конвейера.

Из головного питателя волокна поступают в многокамерную смесовую машину МРМ или, при повышенной засоренности волокон, предварительно пропускается через двухбарабанный осевой чиститель AXI-FLO AFC, по конструкции аналогичный отечественному осевому чистителю мод. ЧО. Осевой чиститель AFC имеет колковые барабаны диаметром 605 мм, расположенные по ходу воздушного потока. При попадании в большую камеру осевого чистителя воздушный поток и содержащиеся в нем клочки волокон теряют скорость, в результате чего воздушный поток способен нести только мелкие клочки волокон, которые проходят сквозь чиститель беспрепятственно, а волокна и крупные клочки выпадают из потока и подвергаются эффективной очистке и разрыхлению на мелкие клочки с помощью барабанов и колосниковых решеток. Благодаря тому что мелкие клочки проходят через чиститель беспрепятственно, вероятность появления в них узелков и зажгученности минимальная.

Многокамерная смесовая машина МРМ с вертикальным расположением камер *8* и нижним отбором *4* волокон выпускается в шести- (рис. 1.1.4), восьми-, десяти- и двенадцатикамерном исполнении. Каждая камера *8* имеет ширину 1400 или 2000 и длину 500 мм. Минимальная высота машины 3250 мм (1750 камера, 1500 основание). Высота камер может быть 5000 мм (высота машины 6500). Все камеры, кроме последней, по ходу волокон сверху закрыты клапанами *10*, направленными навстречу потоку волокон. Первоначальное заполнение бункеров проводится с помощью ручного управления клапанами *10* или автоматически по специальной программе. Заполнение камеры *8* начинается с последней по ходу волокон приблизительно до половины, но ниже уровня фотоэлемента *7*, установленного в предпоследней камере, которая в свою очередь загружается до уровня, расположенного несколько выше фотоэлемента. Таким образом уровень волокон в камерах увеличивается от последней к первой, которую наполняют до верху и клапан закрывают.

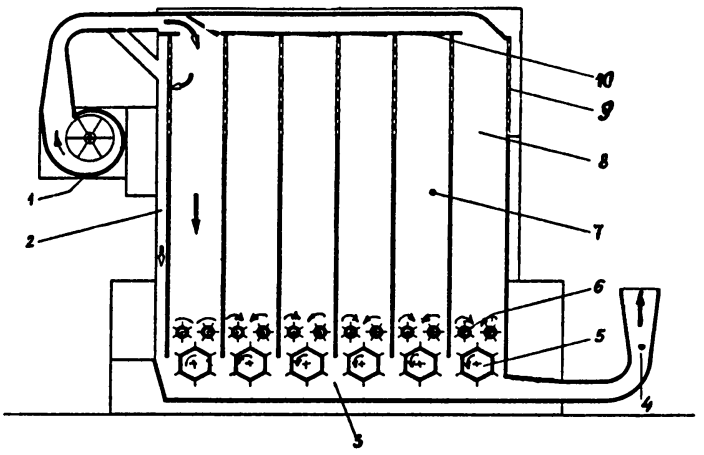


Рис. 1.1.4. Многокамерная смесовая машина МРМ:
1 - вентилятор; *2, 3* - каналы; *4* - отбор волокон; *5* - разрыхлительный барабан; *6* - разгрузочный валик; *7* - фотоэлемент; *8* - камера; *9* - отвертия; *10* - клапан

После загрузки машину переводят на автоматический режим и включают в работу. При закрытых клапанах волокна вновь начинают поступать в последнюю камеру, пока их уровень в предпоследней камере не опустится ниже фотоэлемента *7*, что является сигналом для открытия клапана над этой камерой. По мере заполнения предпоследней камеры все большее количество отверстий *9* в стенке будут перекрываться волокнами, что вызовет повышение давления в пневмосистеме до предельного, и датчик давления даст сигнал на закрытие клапана над этой камерой и открытие клапана в следующей.

Два разгрузочных валика *6* равномерно подают волокна к разрыхлительному барабану *5* с шестью зубчатыми планками на поверхности. Отбор волокон в смесовой машине проводится непрерывно из всех камер, в канал *3* попадают волокна, поступившие в камеры в разное время, что увеличивает однородность смеси. Производительность смесовой машины может регулироваться в широком диапазоне (в 1 - 6 раз) изменением скорости разгрузочных валиков, каждая пара кторых приводится индивидуальным двухскоростным двигателем, и статического давления в пневмосистеме, влияющего на уплотнение волокон в камерах.

Отделитель тяжелых частиц Separomat ASTA предназначен для удаления из потока волокон частиц примесей, масса которых больше массы клочка волокон. Два расположенных друг над другом канала прямоугольного сечения разделяют воздушный поток: основной, несущий волокнистую массу, поворачивает в конце канала вверх под прямым углом; вспомогательный (нижний) прежде чем соединиться с основным, проходит отвод со специально подобранным аэродинамическим профилем. На изгибе отвода имеется регулируемый проем, через который тяжелые частицы выпадают в расположенную под ним камеру и удаляются из нее автоматически. В нижнем потоке волокна, как правило, отсутствуют, так как их проникновению мешает решетка из прутьев, установленная на входе в канал.

В очистительной линии с горизонтальным разрыхлителем сор и пыль, находящиеся в воздушном потоке вместе с клочками волокон, поступая в конденсер *1*, удаляются через отверстия барабана *2* (рис. 1.1.5). Уровень волокон в бункере регулируется положением фотоэлемента *6*. Питающие валики *7* без зажима подают волокна на рабочий орган *8*, состоящий из очистительного барабана и колосниковой решетки. В наклонном очистителе SRS6 шесть ножевых барабанов ступенчато расположены друг за другом под углом 45°. Волокна очищаются в свободном состоянии, поднимаясь от барабана к барабану. В результате комбинированного воздействия на волокна ножей и расположенных под ножевыми барабанами колосников (в каждой решетке 21 колосник) происходит интенсивное выделение тяжелых сорных примесей. Для предотвращения излишнего воздействия на волокна ножевых барабанов, приводящего к появлению зажученности волокон, между ножевыми барабанами установлены щитки, способствующие передаче волокон от барабана к барабану.

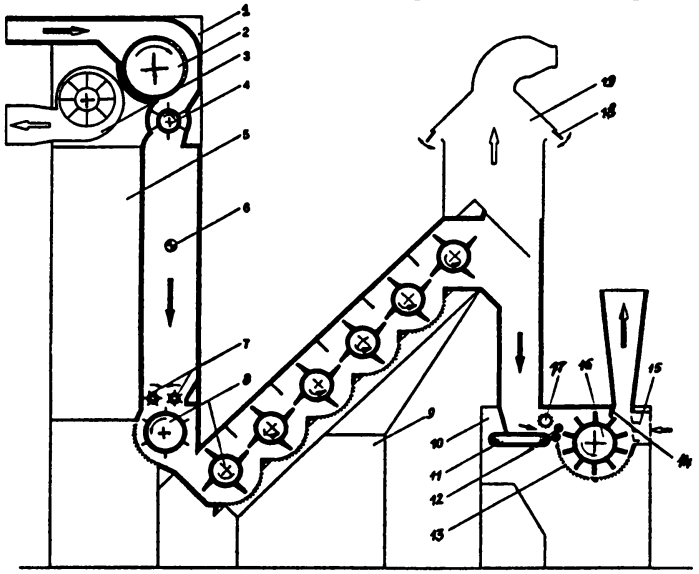


Рис. 1.1.5. Очистительная линия с горизонтальным разрыхлителем RN:
1 - конденсер LVS; *2* - барабан с отверстиями; *3* - высокопроизводительный вентилятор; *4* - сбивной валик; *5* - резервный бункер BE; *6* - фотоэлемент; *7* - питающие валики; *8* - рабочий орган; *9* - наклонный очиститель SRS6; *10* - горизонтальный разрыхлитель RN; *11* - конвейер; *12* - рифленые цилиндры; *13* - колосниковая решетка; *14* - отбойный нож; *15* - жалюзи; *16* - ножевой барабан; *17* - прижимной валик; *18* - регулируемая заслонка; *19* - пылеудаляющий колпак MA

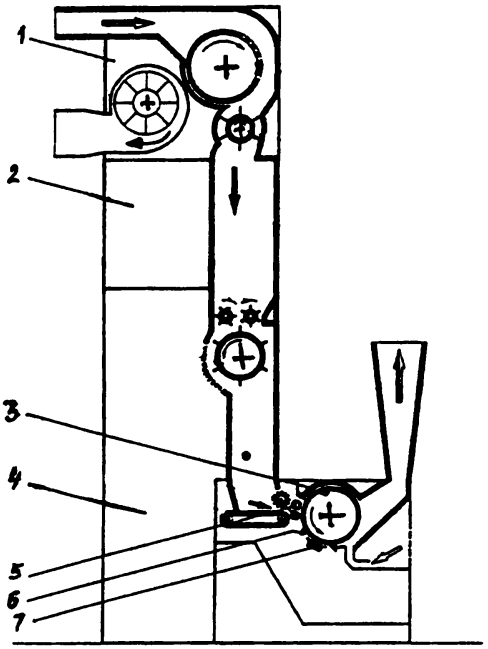


Рис. 1.1.6. Очистительная линия с горизонтальным разрыхлителем RSK:
1 - конденсер LVA; *2* - резервный бункер; *3* - разрыхлительный барабан; *4* - горизонтальный разрыхлитель RSK; *5* - питающий цилиндр; *6* - сороотбойный нож; *7* - чесальный сегмент

Для удаления пыли в верхней части наклонного очистителя SRS6 смонтирована установка МА в виде короба с регулируемыми заслонками *18* для забора чистого воздуха. Заслонки позволяют отрегулировать воздушный поток так, чтобы он не препятствовал удалению угаров.

Горизонтальный разрыхлитель *10* RN предназначен для очистки волокон в зажатом состоянии (трепание). Ножевой барабан диаметром 500 мм, вращающийся с частотой 800 мин$^{-1}$, имеет десять рядов ножей (в каждом ряду 25 или 26 ножей), расстояние между ножами 45 мм, высота ножей 87,5 мм, толщина 8 мм, ширина 36 мм. Каждый нож подвергнут двусторонней закалке. Закругленные края ножей даже при очень сильном ударе не повреждают волокон. Ножи одного ряда смещены по отношению к ножам соседнего ряда, что обеспечивает проработку бородки волокон по ширине.

Конвейер *11*, прижимной валик *17* с большими зубьями на поверхности (высота зуба 21 мм, шаг зубьев 32 мм), два питающих рифленых цилиндра *12*, из которых верхний имеет пружинную нагрузку, подводят волокна к ножевому барабану *16*. Под барабаном на половине его окружности установлены две

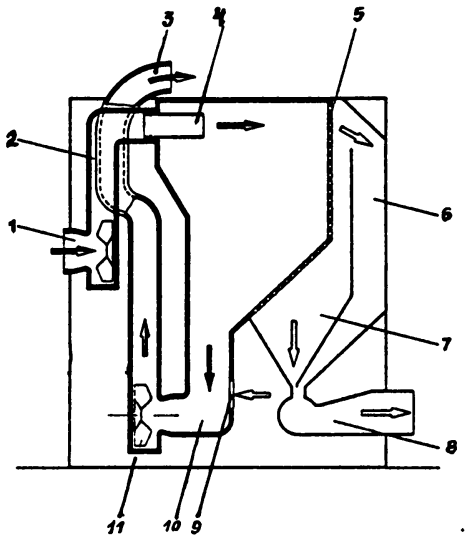


Рис. 1.1.7. Обеспыливающая машина DUSTEX DX:
1 - входной короб; *2* - волокнопровод; *3* - пневмопровод; *4* - волокнораспределительный клапан; *5* - сетчатый щиток; *6*, *7* - короба; *8* - вытяжной трубопровод; *9* - жалюзи; *10* - поддон; *11* - вентилятор

независимо регулируемые колосниковые решетки *13* с общим числом колосников 36. Отбойный нож *14* установлен по отношению к барабану с малой разводкой (2 ÷ 3 мм). Для полного съема волокон с поверхности барабана через жалюзи *15* подают воздушный поток, создаваемый конденсером.

Очистительная линия (рис. 1.1.6) включает горизонтальный разрыхлитель (очиститель) RSK, который принципиально устроен так же, как разрыхлитель RN. Отличаются они тем, что рабочий орган первого - разрыхлительный барабан *3* и нижний питающий цилиндр *5* питающей пары покрыты пильчатой гарнитурой. Вместо колосниковой решетки под барабаном установлен чесальный сегмент *7* с жесткими сороотбойными ножами *6*, расположенными перед сегментом и за ним. Питающий валик, чесальный сегмент и ножи выставлены по отношению к барабану с малыми разводками. Разрыхлитель RSK обеспечивает высокую степень очистки волокон при низком процентном содержании прядомых волокон в угарах.

Для полного удаления пыли из волокон в разрыхлительно-очистительные агрегаты включают специальные обеспыливающие машины, например машину DUSTEX DX (рис. 1.1.7), которая отличается простотой конструкции и эффективным способом работы. Пара пневматически действующих волокнораспределительных клапанов *4*, установленных в конце волокнопровода, имеет возвратно-поступатель-

ное движение (60 двойных ходов в минуту) и распределяет волокна по ширине сетчатого щитка *5*. На сетчатом щитке отделяется пыль, которая удаляется через вытяжной трубопровод *8*. Волокна вентилятором *11* подаются в бункера чесальных машин через пневмопровод *3*. Через жалюзи *9* осуществляется подсос воздуха. Угары попадают в короб *7* и удаляются вместе с пыльным воздухом через трубопровод *8*.

1.1.2. ЧЕСАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Все чесальные машины (ЧМ), применяемые в любой системе прядения для переработки волокон, выполняют одни и те же операции, но могут иметь различный конечный продукт. При кардном и гребенном прядении хлопка, льняных очесов и гребенном прядении шерсти конечным продуктом является лента, уложенная в таз или намотанная на бобины. Для аппаратного прядения шерсти, угарного прядения хлопка и других волокон конечным продуктом является сученая ровничная нить (ровница). В производстве нетканого, фетровалянного и валяльно-войлочного материалов, ваты конечным продуктом является холст или изделие в виде ватного конуса.

Процесс кардочесания заключается в постепенном разъединении клочков волокон, удалении из них примесей минерального и растительного происхождения, коротких непрядомых и мертвых волокон, распрямлении и параллелизации волокон. В результате получается высококачественный полуфабрикат - холст, вата, лента или ровница.

В зависимости от способа прядения, вида и свойства перерабатываемых волокон все ЧМ делятся на две группы: шляпочные для переработки хлопковых и штапельных волокон и валичные для переработки шерсти, лубяных волокон, различного рода угаров, штапельных длинных волокон.

Шляпочные чесальные машины. В зависимости от габаритных размеров их делят на обычные и малогабаритные. Малогабаритные шляпочные ЧМ имеют главные и съемные барабаны одинакового диаметра, что и определяет их малые размеры. Диаметр главного барабана малогабаритной ЧМ в 2 раза меньше диаметра главного барабана обычной машины. В связи с этим на малогабаритных ЧМ используется меньшее число шляпок.

Шляпочные ЧМ делят на однобарабанные и двухбарабанные. Двухбарабанные ЧМ имеют два главных барабана и осуществляют двухкратное чесание, обеспечивающее максимальное разделение волокон и лучшее удаление пороков из прочеса. Двухбарабанные ЧМ применяют тогда, когда к ленте предъявляют повышенные требования по сороочистке. В основном их используют для производства ленты для пневмомеханических прядильных машин.

На обычных ЧМ волокнистый материал может поступать в виде холста, сформированного на трепальной машине, или в виде настила волокнистой массы из специального бункера. Бункерное питание ЧМ осуществляется при работе в поточной линии.

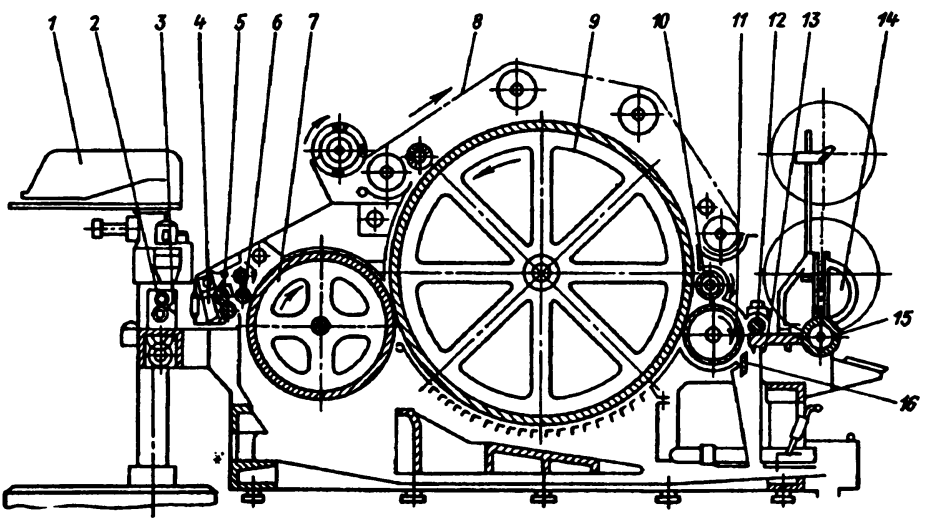


Рис. 1.1.8. Шляпочная ЧМ обычных размеров:
1 - лентоукладчик; *2* - выводные валики; *3* - лентоформирующая воронка; *4* - поперечный конвейер; *5* - давильный вал; *6* - съемный вал; *7* - съемный барабан; *8* - шляпочное полотно; *9* - главный барабан; *10* - рыхлительный валик; *11* - приемный барабан; *12* - питающий цилиндр; *13* - питающий столик; *14* - стойка; *15* - холстовый валик; *16* - сороотбойный нож

При холстовом питании ЧМ холст, уложенный между двумя стойками *14*, раскатывается холстовым валиком *15*, проходит под питающий цилиндр *12* и поступает в зону приемного барабана *11* (рис. 1.1.8). Здесь происходит значительное выделение сорных примесей из хлопка. Над приемным барабаном *11* установлен рыхлительный валик *10*, который дополнительно разрыхляет снятые с главного барабана неразработанные клочки. Шляпочное полотно *8* состоит из шляпок, обтянутых игольчатой гарнитурой. Расчесанные волокна с главного барабана *9* переходят на поверхность съемного барабана *7*, в виде тонкого волокнистого полотна (ватки-прочеса) проходят между давильными валами *5* и поступают к лентоформирующей воронке *3*. Лентоукладчик *1* укладывает ленту кольцами в таз.

Валичные чесальные машины. Для кардочесания шерсти, смеси шерсти с химическими волокнами и хлопчатобумажных угаров несколько ЧМ соединяют в единую поточную линию: в системе прядения - чесальные аппараты, в гребенной системе - чесальные машины. В зависимости от числа входящих в аппараты валичных ЧМ их разделяют на двух- и трехпрочесные. Двухпрочесные аппараты применяют для переработки грубошерстяных смесей, трехпрочесные - тонкошерстяных и полутонкошерстяных. В зависимости от числа съемных барабанов, входящих в состав каждой валичной ЧМ, аппараты могут быть одно- и двухсъемными. Односъемные аппараты предназначены для выработки тонкой ровницы (до 200 текс), двухсъемные - для выработки толстой ровницы (свыше 200 текс).

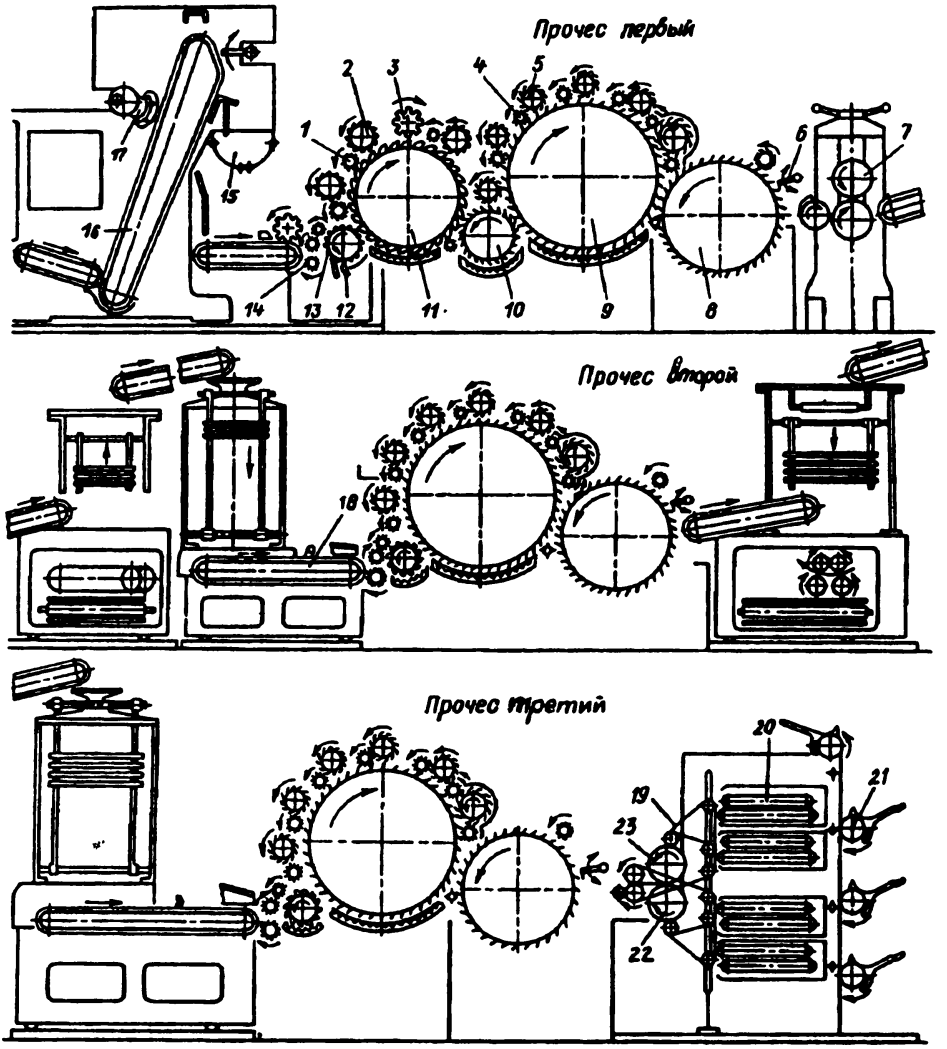


Рис. 1.1.9. Трехпрочесный односъемный аппарат

Передача волокнистой массы с одной машины на другую может осуществляться лентообразователями-конвейерами и холстообразователями. В аппаратной системе прядения для кардочесания шерсти и хлопчатобумажных угаров применяют двухпрочесный двухсъемный и трехпрочесный односъемный аппараты.

В двухпрочесный двухсъемный аппарат входят: самовес (автопитатель) с весовым дозатором, предварительный прочесыватель, первая ЧМ (первый прочес), лентообразователь-конвейер, вторая ЧМ (второй прочес), ровничная каретка (ремешковый делитель с механизмами сучения и наматывания ровницы в бобины).

Трехпрочесный односъемный аппарат (рис. 1.1.9) имеет самовес, предварительный прочесыватель (предпрочес), первую ЧМ (первый прочес), раздавливающие валы, вторую ЧМ (второй прочес), второй лентообразователь-конвейер, третью ЧМ (третий прочес), ровничную каретку.

В валяльно-войлочном производстве ровничная каретка заменена холстообразователем, а в фетровальном - ватонавивающим приспособлением. В зависимости от сорта и качества перерабатываемого волокна в состав аппарата могут быть включены отдельные дополнительные приспособления для усиления очищающей способности (обезрепеивающие приставки, раздавливающие валы, сороотбойные и другие устройства).

Шерстяная смеска поступает в узел питания - самовес. В поточных линиях самовесы загружаются автоматически с помощью специальных распределительных приспособлений, автопитателей и бункерных устройств. Самовес предварительно разрыхляет волокнистую массу, взвешивает порцию смеси и выбрасывает ее на питающую решетку. На решетке из отдельных порций смеси формируется непрерывный равномерный слой, который питающими валиками *14* подается к приемному барабану *13* предварительного прочесывателя. Для очистки шерсти под приемным барабаном установлены сороотбойные ножи *12*. С приемного барабана волокна снимаются главным барабаном *11* предварительного прочесывателя и подводятся к зоне взаимодействия рабочих *2* и съемных *1* валиков, которые расчесывают и разделяют клочки шерсти на более мелкие пучки волокон.

Для усиления очистки волокон от сорных примесей установлен сороотбойный валик *3*. Перегонный валик *10* передает волокна с главного барабана предварительного прочесывателя в узел главного барабана *9*, рабочих *5* и съемных *4* валиков первой ЧМ. В результате взаимодействия расчесывающих гарнитур барабана, рабочих и съемных валиков происходит основной процесс чесания, разрыхления и перемешивания волокон.

С поверхности главного барабана волокна переходят на съемный барабан *8*, с которого прочесанная ватка снимается съемным гребнем *6* и передается в раздавливающие валы *7*, размельчающие оставшиеся сорные примеси, что способствует лучшему очищению от них волокон на последующих прочесах. Раздавливающие валы подают ватку на лентообразователь-конвейер первой машины, где образуется лента. Эта лента передается на питающую решетку *18* второй ЧМ.

Работа ЧМ второго и третьего прочесов аналогична работе ЧМ первого прочеса. С ЧМ третьего прочеса ватка поступает в ровничную каретку и разделяется на узкие полоски ремешковым делителем; каждая полоска уплотняется сучильными рукавами и в виде нитировницы наматывается на бобины накатными валиками.

В гребенной системе прядения шерсти применяют двухпрочесную односъемную машину. При переработке тонкой шерсти в машине устанавливают лентоформирующее устройство и приспособление для намотки прочесной ленты в клубки; при переработке полугрубой и грубой шерсти и их смеси с химическими волокнами машины оснащают лентоформирующим устройством и лентоукладчиком для укладки ленты в тазы.

Чесальная машина гребенного прядения шерсти (рис. 1.1.10) состоит из самовеса, предварительного прочесывателя, первой и второй валичной ЧМ, клубочного механизма или лентоукладчика.

Гарнитура чесальных машин. Для обтяжки рабочих органов ЧМ применяют пильчатую, цельнометаллическую пильчатую (ЦМПЛ), эластичную игольчатую и полужесткую ленты. Одной из основных характеристик гарнитуры является ее плотность, определяемая как число зубьев или иголочек, приходящихся на 1 $см^2$ поверхности рабочего органа машины. Плотность гарнитуры выражается ее номером. Номер гарнитуры:

при навивке ее на гладкую поверхность рабочего органа

$$N = \frac{129}{tB};$$

при канавочной навивке

$$N = \frac{129}{tT},$$

где t - шаг зубьев гарнитуры; B - толщина основания гарнитуры; T - шаг винтовой линии канавок.

Наряду с номером важными характеристиками гарнитуры являются высота гарнитуры и угол наклона передней грани зубьев или рабочей части иголочек.

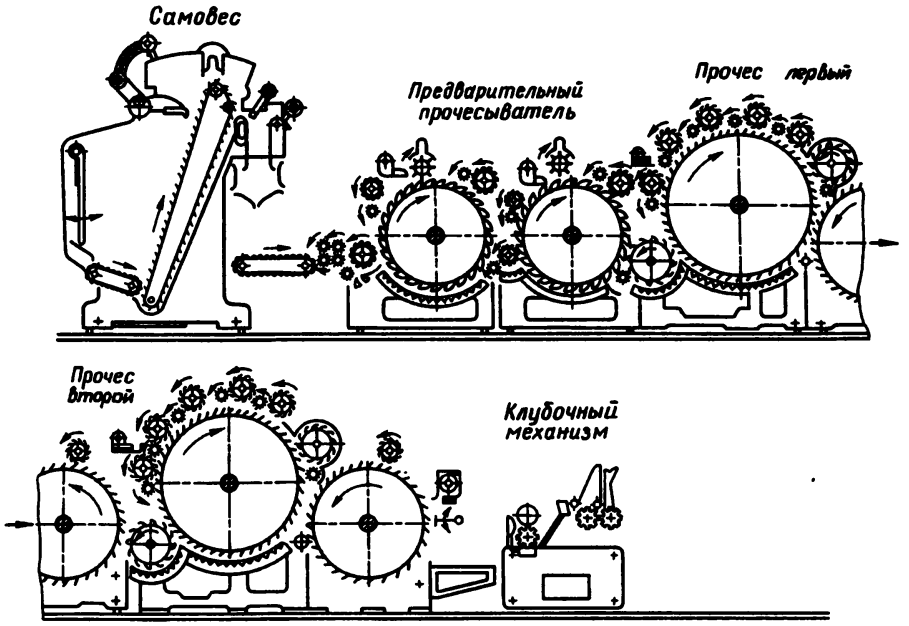


Рис. 1.1.10. Чесальная машина гребенного прядения шерсти

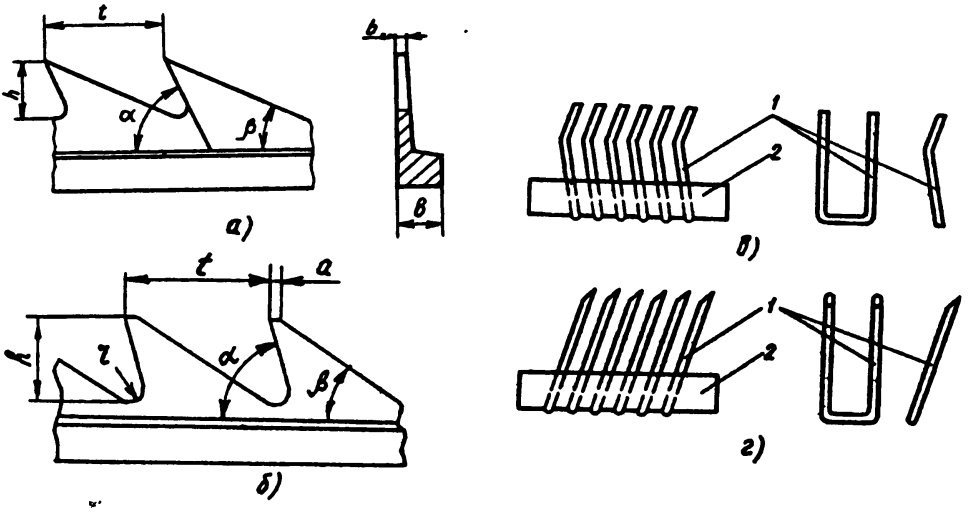


Рис. 1.1.11. Виды гарнитур для обтяжки рабочих органов чесальных машин:
а - пильчатая лента; *б* - цельнометаллическая пильчатая лента; *в* - эластичная игольчатая лента; *г* - полужесткая лента

Пильчатая лента представляет собой стальную ленту с утолщенным основанием, на тонкой части которой насечены остроугольные зубья (рис. 1.1.11, *а*), ЦМПЛ - то же самое, но с зубьями на более тонкой части (рис. 1.1.11, *б*). В отличие от пильчатой ленты ЦМПЛ имеет меньшую высоту, более мелкий зуб, вершины зубьев у ЦМПЛ подрезаны так, что на каждом зубе образуется площадка длиной *a*.

Профиль зуба характеризуется углом наклона передней грани зуба α, углом наклона задней грани β, высотой зуба h, площадью вершины зуба $a \times b$, радиусом r закругления впадины зуба и его шагом t.

Полужесткая и эластичная гарнитура представляет собой игольчатую ленту, которая состоит из войлочно-тканевого или тканерезинового основания *2* с закрепленными в нем скобками *1* из стальной проволоки (рис. 1.1.11, *в*, *г*). В основании ленты закреплены иглы, изогнутые в форме скобок. Иглы эластичной гарнитуры в средней части изогнуты (имеют колено). Количество зубьев или игл на единице площади характеризует плотность гарнитуры.

Выбор типа расчесывающей гарнитуры зависит от многих факторов: назначения рабочего органа машины в технологическом процессе чесания, вида волокна, его длины и толщины, степени разрыхленности пучков волокон, засоренности и т.д.

В начале технологического процесса чесания на первых расчесывающих органах применяют гарнитуру с более крупными зубьями меньшей плотности. На последующих рабочих органах плотность зубьев на единицу поверхности больше - гарнитура с более мелкими зубьями, а игольчатая лента эластичная. При переработке более тонких волокон применяют гарнитуру с более тонкими иглами или зубьями, с бóльшим их числом на единице поверхности расчесывающего органа. Угол наклона передней грани зуба пильчатой ленты увеличивается по ходу продукта на машине.

В шляпочной ЧМ для обтяжки приемных барабанов и расчесывающих валиков используют пильчатую ленту. Для обтяжки главных и съемных барабанов применяют цельнометаллическую пильчатую ленту, реже эластичную игольчатую. Для обтяжки шляпок используют полужесткую или эластичную игольчатую гарнитуру. В валичной ЧМ пильчатой гарнитурой обтягивают рабочие органы предварительного прочесывателя. Для обтяжки рабочих органов прочесывателей обычно применяют эластичную игольчатую ленту. В отдельных случаях главные и съемные барабаны обтягиваются ЦМПЛ.

Технологический процесс переработки волокон на ЧМ определяется: линейной плотностью холста, поступающего в машину, линейной плотностью чесальной ленты и производительностью.

Общая кратность вытяжки ленты

$$\lambda_{об} = T_х / T_л ,$$

где $T_х$ - линейная плотность холста или настила волокон, текс; $T_л$ - линейная плотность чесальной ленты, текс.

Теоретическая массовая производительность (кг/ч) машины

$$Q_т = 60 \cdot 10^{-6} \pi d_в n_в T_л,$$

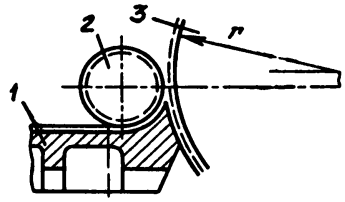


Рис. 1.1.12. Питающий столик шляпочной чесальной машины

где $d_в$ - диаметр валиков лентоукладчика (или накатных валиков клубочного прибора), м; $n_в$ - частота вращения валиков лентоукладчика, мин$^{-1}$.

Питающие устройства. В зоне питания шляпочной ЧМ слой хлопка должен быть равномерным по толщине. Вытяжка в зоне питания 1,02 - 1,03. Для правильного протекания технологического процесса существенное значение имеет профиль столика *1*, установка его по отношению к питающему цилиндру *2* и к приемному барабану *3* (рис. 1.1.12). По мере продвижения холста к выходу усилие зажима должно постепенно увеличиваться, поэтому кривая профиля столика на этом участке должна быть эксцентрична по отношению к окружности цилиндра. Длина рабочей грани столика - от линии зажима до точки вхождения зубьев гарнитуры барабана в бороздку холста, исходя из условий минимальной протяженности бородки, предупреждающей разрыв волокон, должна быть приблизительно равна модальной длине хлопка.

Для питания валичной ЧМ применяют самовес, который должен равномерно по времени питать машину волокнистым материалом из бункера. Уровень смеси в бункере контролируется фотоэлементом. Волокнистая масса подается в весовую коробку *15* самовеса (см. рис. 1.1.9) с помощью наклонной игольчатой решетки *16*. Самовес является машиной периодического действия. Для обеспечения равномерной толщины слоя волокнистого материала, подаваемого наклонной игольчатой решеткой в весовую коробку механизма самовеса, а также для разрыхления крупных клочков на более мелкие, служит уравнивающий гребень *17*.

Предварительный прочесыватель. Для предварительного разделения клочков волокон на более мелкие и освобождения их от сорных примесей используют предварительный прочесыватель.

В шляпочной ЧМ предварительный прочес осуществляет приемный барабан *11* (см. рис. 1.1.8) во взаимодействии с питающим цилиндром *12* и столиком *13* и сороотбойным ножом *16*. Для увеличения эффекта чесания и сороочистки волокна под приемным бараба-

ном могут быть установлены два валика - расчесывающий и съемный, а также дополнительный второй барабан - передающий, аналогичный приемному.

В шляпочной ЧМ в зоне приемного барабана разделяется на отдельные волокна до 80 % клочков хлопка и выделяется около 55 % примесей, содержащихся в холсте, и до 75 % общего количества примесей. На наружной поверхности приемного барабана по винтовой линии нарезаны узкие канавки. Число заходов для разных конструкций машины может быть различное - от одного до восьми. В канавки запрессована пильчатая лента.

Предварительный прочесыватель валичной ЧМ состоит из группы валиков и барабанов различных диаметров, обтянутых пильчатой или игольчатой гарнитурой. Расчесывающая способность предварительного прочесывателя определяется количеством повторных операций, т.е. числом линий разрыхления, съема волокон и удаления примесей. Количество повторных операций зависит от качества перерабатываемого сырья, степени засоренности, длины волокон и предварительной степени разрыхления.

Барабаны ЧМ представляют собой чугунные или стальные полые цилиндры (обечайки) с укрепленными на валу крестовинами. Все виды валиков - также чугунные или стальные полые цилиндры, в торцах которых закреплены днища. В днища впрессованы ступицы стальных цапф. Опорами барабанов и валиков являются шарико- или роликоподшипники.

Основные рабочие органы. В шляпочной ЧМ основными рабочими органами являются главный барабан *9* и шляпочное полотно *8* (см. рис. 1.1.8), а в валичной (см. рис. 1.1.9) - главный барабан *9*, рабочие *5* и съемные *1* и *4* валики, перегонный валик *10*.

Диаметр главного барабана обычной шляпочной ЧМ отечественного производства 1273 или 1283 мм, зарубежного производства 1000 + 1300 мм, а малогабаритной 662 мм. Ширина рабочей части главных барабанов 1000, 1016 или 1020 мм. На валичных ЧМ размеры главного барабана больше: диаметр 1252 мм на машинах отечественного производства и менее 1522 мм на машинах зарубежного производства; рабочая ширина 1800 + 2500 мм. С увеличением рабочей ширины ЧМ возрастает ее производительность, однако она ограничена по условию обеспечения жесткости основных расчесывающих органов.

Для крепления игольчатой ленты на барабане используют деревянные пробки, запрессованные в отверстия на поверхности барабана. Радиальная деформация барабана при обтяжке его гарнитурой и действии центробежной силы не должна превышать 2 + 3 мкм. Барабан подвергается статической и динамической балансировке. Допустимый дисбаланс барабана при сборе должен обеспечить виброперемещение подшипников барабана относительно рам станины не более 0,015 мм. Радиальное биение по гарнитуре и равномерность по образующим главного барабана не должны превышать 0,02 мм.

В шляпочной ЧМ волокна, снимаемые с поверхности приемного барабана зубьями главного барабана, подводятся к шляпочному полотну. Шляпочное полотно *8* (см. рис. 1.1.8) состоит из большого числа отдельных шляпок, соединенных между собой втулочно-роликовыми цепями. Шляпки представляют собой чугунные балочки *4* таврового сечения (рис. 1.1.13). К нижней обработанной плоскости шляпки крепится игольчатая или полужесткая гарнитура. Плоскость, в которой расположены точки концов гарнитуры шляпки, наклонена к аналогичной плоскости гарнитуры барабана под углом 1,5°. Отклонение шляпок от прямолинейности составляет ± 0,025 мм.

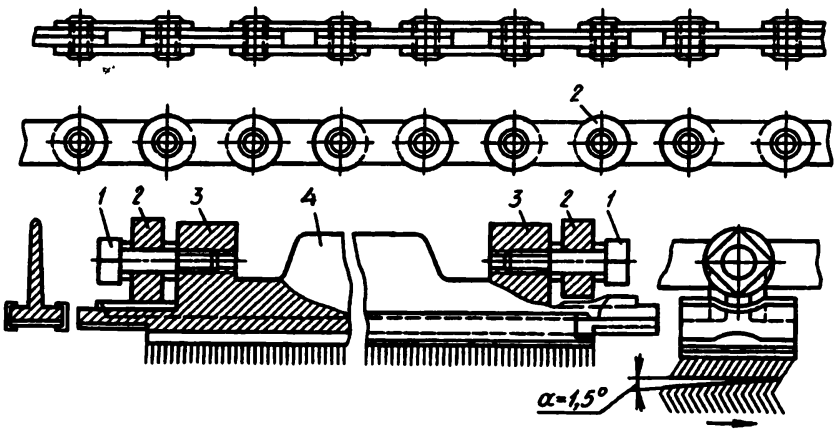


Рис. 1.1.13. Шляпки:
1 - болт; *2* - втулка звеньев цепи; *3* - прилив; *4* - балочка

Шляпки и цепь представляют собой бесконечное шляпочное полотно. Шляпки движутся с линейной скоростью 2,3 + 2,5 мм/с по направлению, совпадающему с направлением вращения главного барабана, или обратному ему. При обратном движении шляпок количество пороков в прочесе снижается на 30 + 50 %, однако увеличивается количество шляпочного очеса в 1,5 - 2 раза.

При переработке хорошо очищенного от примесей хлопка и химических волокон длиной не более 65 мм на высокопроизводительных ЧМ вместо шляпочного полотна устанавливают специальные сегменты-секторы. Сегмент представляет собой деревянный или алюминиевый литой каркас с ребрами жесткости, на котором приклеены отрезки ЦМПЛ подобно гарнитуре, установленной на главном барабане, либо игольчатые пластины подобно гарнитуре шляпок. Применение жестких сегментов вместо подвижного полотна шляпок позволяет увеличить площадь поверхности чесания в 6 раз, упростить конструкцию машины, освободить ее от многих движущихся частей, обеспечить лучшее качество чесания, на 2 % снизить выход отходов, улучшает герметизацию ЧМ, исключает пылевыделение, обеспечивает стабилизацию воздушных потоков в зонах чесания.

Для обеспечения качественного перехода волокнистой массы с приемного барабана на главный окружная скорость главного барабана шляпочной ЧМ должна быть больше скорости приемного барабана более чем в 1,2 раза.

Окружная скорость главного барабана шляпочной ЧМ

$$v_б = \frac{2\pi r_б P}{3{,}6 m_{св} k_с},$$

где $r_б$ - радиус главного барабана, м; P - теоретическая производительность машины, кг/ч; $m_{св}$ - масса свободных волокон в машине, г; $m_{св}$ = 8 + 12 г; $k_с$ - коэффициент съема; $k_с$ = = 0,08 + 0,16.

Окружная скорость главного барабана валичной ЧМ для шерсти

$$v_б = \frac{n_р v_н T_р}{1000 q l},$$

где $n_р$ - число ремешков; $T_р$ - линейная плотность ровницы, текс; $v_н$ - окружная скорость накатанных валиков, м/с; q - масса волокон, приходящаяся на единицу карданной гарнитуры, г/м^2; q = 0,36 + 1 г/м^2; l - рабочая ширина главного барабана, м.

При увеличении окружной скорости главного барабана возрастает производительность ЧМ, однако это влечет за собой повышенную обрывность волокон, большие их потери. Кроме того, повышение окружной скорости требует обеспечения соответствующих прочности и жесткости обечайки, остова и точности изготовления машины.

Радиальная деформация обечайки главного барабана шляпочной ЧМ после обтяжки ее гарнитурой

$$\delta = \frac{P r}{B h E},$$

где P - сила натяжения ленты; r - радиус барабана; B - ширина опорной части пильчатой ленты; h - толщина обечайки; E - модуль упругости.

Напряжение, возникающее в обечайке главного барабана от действия силы натяжения ленты P, с учетом деформации крестовин

$$\sigma = 1{,}82 \frac{P}{B h}.$$

Напряжение, возникающее в обечайке от действия центробежных сил,

$$\sigma = \rho v^2,$$

где ρ - плотность материала; v - линейная скорость барабана.

В сечениях обечайки барабана, ослабленных отверстиями для деревянных пробок, напряжение повысится приблизительно на 80 %.

Съемные барабаны и устройства. Конструкции съемного и главного барабанов аналогичны. Съемное устройство предназначено для снятия с поверхности съемного барабана прочеса в виде тонкой ватки. Применяют съемные механизмы двух видов: съемного гребня (рис. 1.1.14) и валичного съема. Съемный гребень совершает колебания. При движении гребня вниз происходит съем ватки-прочеса. Размах $S_{гр}$ колебаний гребня зависит от вида и длины перерабатываемого волокна: для шляпочной ЧМ 26 + 36 мм, а для валичной ЧМ 36 + 50 мм.

Частота колебаний съемного гребня зависит от диаметра $d_{с.б}$ съемного барабана *3*, частоты его вращения $n_{с.б}$ и размаха $S_{гр}$ колебаний гребня:

$$n_{г\,р} = \frac{\pi d_{с.б} n_{с.б}}{(0{,}67 + 0{,}7) S_{г\,р}}.$$

Частота колебаний съемного гребня шляпочной ЧМ 2400, а валичной 1000 в минуту.

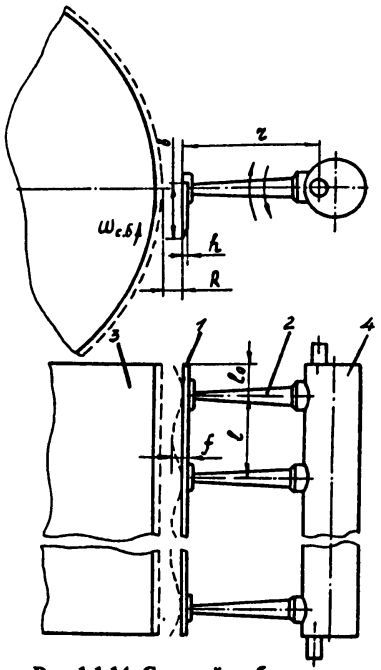


Рис. 1.1.14. Съемный гребень:
1 - полотно; *2* - колонка; *3* - съемный барабан; *4* - вал

Полотно *1* гребня приклепано к колонкам *2* и может быть разделено на средние (l) и концевые (l_0) пролеты. Полотно съемного гребня изгибается от центробежной силы. Стрела прогиба среднего пролета

$$f = \frac{\omega^2 r l^4 \rho}{32 E h^2},$$

где ω - максимальная угловая скорость гребня, рад/с; r - расстояние от центра тяжести полотна гребня до оси его качания, м; l - расстояние между колонками, м; ρ - плотность материала полотна, кг/м^3; E - модуль упругости, Па; h - толщина полотна, м.

Для качественного съема ватки-прочеса с поверхности съемного барабана деформация полотна не должна превышать 0,1 от технологической разводки R между полотном *1* и гарнитурой съемного барабана *3*.

Размеры l, r и h выбираются из условия $f \le 0{,}1\ R$. Длину консольной части l_0 полотна определяют из условия равенства прогибов всех участков: $l_0 = 0{,}38\ l$.

Съемный гребень получает движение от гребенной коробки, представляющей собой либо четырехзвенный шарнирный механизм, либо кулисный.

Для обеспечения нормальной работы механизма съемного гребня частота его колебаний должна находиться вне зоны собственной частоты. Основная критическая скорость для гребня в сборе

$$\omega_{кр} = 15{,}42\sqrt{\frac{EJ_0}{L^3 m_{тр}}},$$

где EJ_0 - приведенная жесткость гребня; L - расстояние между опорами гребня; $m_{тр}$ - масса гребня в сборе.

Для двухопорного вала приближенно можно принять $J_0 = 1{,}2\ J_в$, где $J_в$ - момент инерции сечения вала *4*.

Большую опасность представляют критические скорости второго и третьего порядков: $\omega_{кр2} = \omega_{кр} / 2$ и $\omega_{кр3} = \omega_{кр} / 3$, поэтому рабочие скорости гребня должны быть выбраны вне этих зон скоростей. Для уменьшения вибрации, нагрева и изнашивания трущихся поверхностей звенья механизма съемного гребня уравновешиваются.

На высокоскоростных машинах применяют механизмы валичного съема. Конструкции механизмов валичных съемов содержат съемный и передающий валики, обтянутые цельнометаллической пильчатой лентой, и чистительные валики (см. рис. 1.1.8).

Вытяжной прибор и регулятор линейной плотности формируемой ленты. Применение на шляпочной ЧМ вытяжного прибора позволяет при высокой линейной скорости формировать ленту в промежутке между раздавливающими валами и лентоукладчиком, а также получать чесальную ленту заданной линейной плотности с увеличенной параллелизацией волокон. Вытяжной прибор имеет две вытяжные пары.

Применение бункерного питания, а также стремление сократить число переходов ленточных машин в прядении привело к необходимости регулирования линейной плотности ленты. На ЧМ применяют различные системы автоматического выравнивания линейной плотности ленты - системы, основанные на поддержании постоянства массы волокон, поступающих в машину, путем регулирования частоты вращения питающего цилиндра при изменении линейной плотности ленты, выходящей из машины, или слоя волокон, поступающих в машину (в этом случае достигается постоянство линейной плотности ленты на длине 5 м и более и сохраняется ровнота чесальной ленты на коротких длинах), а также системы, основанные на регулировании вытяжки в зоне вытяжного прибора при изменении линейной плотности прочеса, сформированного в ленту и поступающего в вытяжной прибор (в этом случае обеспечивается регулирование линейной плотности ленты на длинах до полуметра).

На некоторых ЧМ применяют комбинированные системы регулирования линейной плотности ленты, включающие регулирование по питанию ЧМ и по выпуску чесальной ленты.

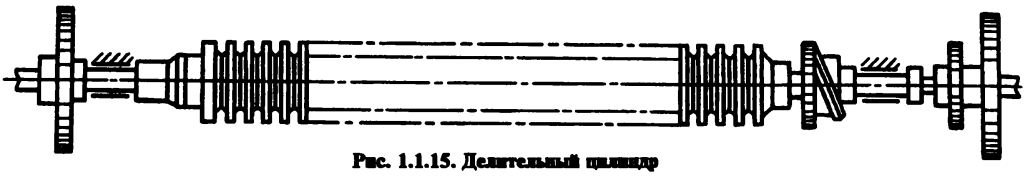


Рис. 1.1.15. Делительный цилиндр

Ровничная каретка состоит из трех основных механизмов: делительного механизма, механизма уплотнения ровницы и мотального механизма.

Цилиндры *22* и *23* (см. рис. 1.1.9) делительного механизма набраны из дисков двух диаметров (рис. 1.1.15). Набор образует чередующиеся выступы и впадины. Ширина выступа равна ширине паза и ширине делительного ремешка *19* (см. рис. 1.1.9). Уносимые ремешками ленточки ватки-прочеса попадают в несколько пар сучильных рукавов *20*, которые представляют собой бесконечные полотна, натянутые на валики. Сучильные рукава кроме поступательного движения совершают поперечное возвратно-поступательное движение, необходимое для уплотнения ленточек ватки-прочеса и образования ровницы. Критерием качества линейной плотности ровницы служит интенсивность уплотнения K - отношение числа полных оборотов ровничной нити вокруг оси к действительной длине ссучиваемой ровницы при прохождении ее между сучильными рукавами:

$$K = \frac{4rn}{\pi d v},$$

где r - половина размаха поперечного движения сучильного рукава, м; n - частота поперечных перемещений сучильного рукава, $с^{-1}$; d - разводка между сучильными рукавами (условный диаметр ровничной нити), м; v - линейная скорость сучильных рукавов, м/с.

При выходе из сучильных рукавов ровничные нити проходят через направляющие поводки, совершающие возвратно-поступательное движение вдоль оси накатанных валиков *21*, и наматываются на деревянные скалки, образуя ровничные бобины.

Основными направлениями развития ЧМ являются: совершенствование пильчатой и игольчатой гарнитуры, повышение скоростных режимов, увеличение надежности работы отдельных узлов, автоматизация управления технологическими процессами.

Увеличение скоростных режимов ЧМ позволяет не только повысить производительность машины, но и обеспечить более высокое качество прочеса. Эффективность работы ЧМ повышается при установлении между расчесывающими гарнитурами более тесных разводок. Однако это требует увеличения точности изготовления деталей и их жесткости для сохранения необходимых зазоров между концами игольчатых или пильчатых гарнитур.

Дальнейшее развитие ЧМ должно идти по пути совершенствования систем автоматизации питания волокнистым материалом, автоматического регулирования линейной плотности входящего и выходящего продукта, автоматизации съема тазов, клубков ленты, бобин ровницы, заправки прочесанной ватки, ленты и ровницы.

1.1.3. РОВНИЧНЫЕ И ЛЕНТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Ровничные машины. Они предназначены для получения ровницы из ленты, состоящей из натуральных, химических волокон и их смесей. Перерабатываемая лента *2*, выходя их таза *1*, проходит направляющий вал *3*, водилку *4*, поступает в вытяжной прибор *5*, утоняется до заданной линейной плотности и выходит в виде тонкой рыхлой мычки *6* (рис. 1.1.16, *а*). Пройдя через радиальное отверстие *7*, выполненное в головке рогульки *8*, укрепленной на веретене *12*, мычка направляется внутрь полой ветви, за счет вращения шпинделя веретена с рогулькой скручивается в ровницу, которая обвивает лапку *10* и наматывается на катушку *9* цилиндрическими слоями. Намотка ровницы осуществляется за счет разности частот вращения рогульки и катушки. В ровничной машине для хлопка и искусственных волокон катушка вращается быстрее рогульки. Ровница раскладывается по высоте катушки за счет возвратных движений катушки вместе с верхней кареткой *11*.

Размах верхней каретки по мере увеличения диаметра тела намотки постепенно уменьшается, что приводит к образованию конусов на концах. Угол φ наклона образующей конуса тела намотки к оси катушки 45° для толстой ровницы, 40° для перегонной и 33 + 35° для тонкой. Максимальный диаметр D_0 тела намотки должен быть меньше раствора рогульки на 3 + 5 мм, а диаметр катушки

$$d_0 = \sqrt{D_0^2 + H_0^2 \mathrm{tg}^2\varphi} - H_0 \mathrm{tg}\varphi,$$

где H_0 - размах верхней каретки при намотке первого слоя.

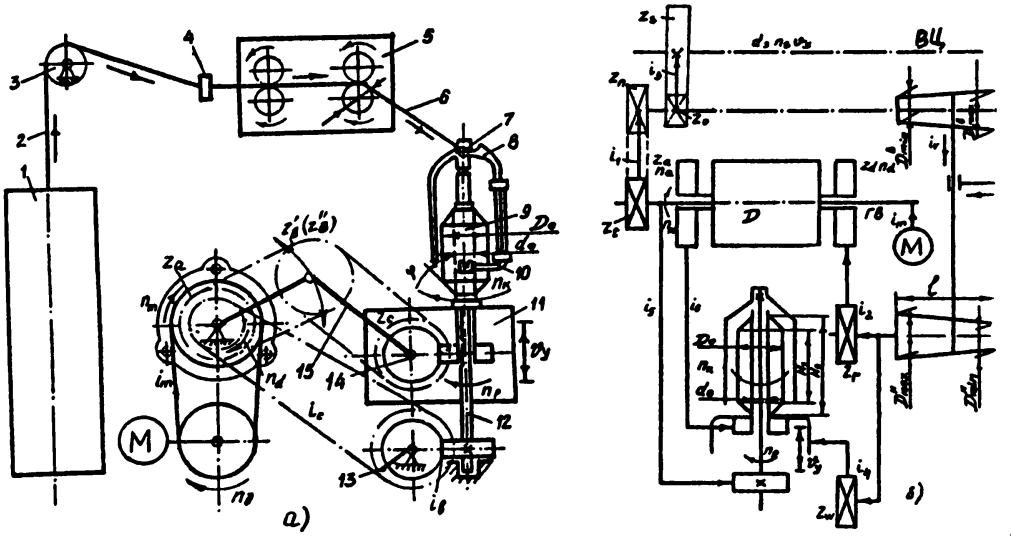


Рис. 1.1.16. Ровничная машина:
а - технологическая схема; *б* - кинематическая схема; *Д* - дифференциал; ГВ - главный вал; ВЦ - выпускной цилиндр

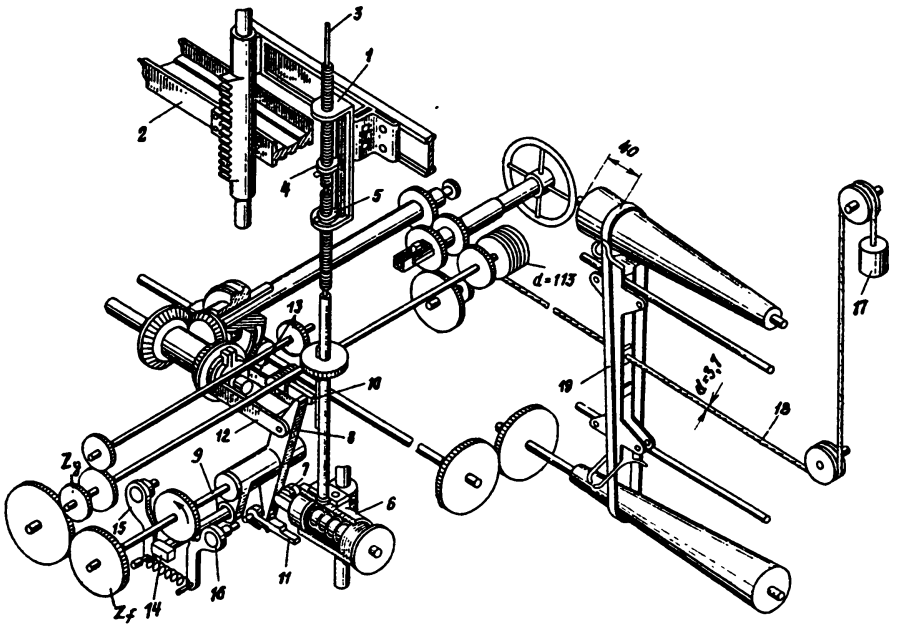


Рис. 1.1.17. Механизм управления ровничной машины Р-192-5 (Р-260-5)

Частота вращения катушки $n_к$, скорость перемещения верхней каретки v_y и ее размах H с увеличением диаметра тела намотки d уменьшаются с помощью механизма управления (замка).

Замок показан на рис. 1.1.17. К верхней каретке *2* прикреплен кронштейн *1*, в упорах которого имеются направляющие отверстия для винта *3*. Верхний конец винта имеет правую нарезку и гайку *4*, а нижний - левую нарезку и гайку *5*. Специальные выступы гаек свободно входят в вертикальный паз кронштейна. Нижний конец винта связан с корпусом *6*, внутри которого находится поршень с закрепленным на нем роликом *7*, прижатым

пружиной к коромыслу *8*, свободно сидящему на валу *9*. От преждевременного поворота роликом *7* коромысло удерживается собачками *10* и *11*. Верхнее плечо коромысла *8* с помощью тяг *12* и *13* соединено с тарельчатыми шестернями, от которых получает движение верхняя каретка. На коромысле имеется упор *14*, переключающий собачки *15* и *16* храповика.

При движении верхней каретки вниз верхний упор кронштейна тянет винт *3* в том же направлении вместе с корпусом *6*. Ролик *7*, дойдя до собачки *11*, отводит ее от коромысла *8*, пружина разжимается и переключает через тяги *12* и *13* тарельчатые шестерни и верхняя каретка изменяет направление движения. При повороте коромысла *8* его упор, освобождая собачку *16*, одновременно сцепляет собачку *15* с храповиком. Под действием груза *17* храповик поворачивается на ползуба в направлении стрелки до сцепления с собачкой *15*. Поворот храповика через систему зубчатых колес сообщается барабану, в результате трос *18* смещает ремень *19* вдоль коноидов.

При повороте храповика через систему зубчатых колес винт *3* поворачивается на определенный угол, гайки *4* и *5* расходятся и уменьшается размах верхней каретки, в результате образуются конусы на ровничной паковке. После наработки съема замок с помощью маховика переводится в исходное положение.

Кинематическая схема ровничной машины приведена на рис. 1.1.16, *б*. Главный вал (ГВ), приводимый во вращение от электродвигателя M клиноременной передачей i_m со сменными шкивами, сообщает движение валам:

прутковому *13* нижней каретки цепной передачей i_c, а от вала *13* винтовыми зубчатыми колесами $i_в$ рогулькам;

ведущему коноидного вариатора через зубчатую передачу i_1, включающую сменное крутильное колесо z_t, и далее выпускному цилиндру и всем цилиндрам вытяжного прибора.

От ведомого вала коноидного вариатора через передачи i_2, среди которых имеется сменное мотальное колесо z_t, вращение получает колесо z_d дифференциала. В дифференциале D складываются постоянная скорость главного вала *ГВ* и переменная коноидного вариатора. Суммарная скорость от ведомого (катушечного) колеса z_a дифференциала передается прутковому валу *14* верхней каретки, а от последнего винтовыми колесами катушкам, расположенным соосно, веретенам. Для передачи вращения от z_a с неподвижной осью к z_c, сидящей на вращающемся валу *14*, применяется шарнирно-эпициклический механизм *15*. Вследствие движения верхней каретки звездочка z_c получает кроме основного вращения добавочное, которое необходимо устранить с целью сохранения основного условия наматывания

$$n_к = n_р + d_s n_s / d. \qquad (1.1.1)$$

Это условие выполняется, если $z_a = z'_в = z''_в = z_c$ и передаточное число шарнирно-эпициклического механизма $i_n = 1$.

Коноидный вариатор входит в замыкающую передачу ($n_d / n_m = i_1 i_2 i_v$), связывающую соосные валы главного вала и z_d дифференциала. В этом случае большая часть мощности, затрачиваемой на вращение катушек, будет передаваться через дифференциал, что создает благоприятные условия для работы коноидного вариатора.

Передаточное число замыкающей передачи n_d / n_m от начала до конца намотки изменяется в пределах 0,8 - 0,23, в то время как d увеличивается примерно в 3,5 раза.

На ровничных машинах используют дифференциалы с тремя соосными валами. Для уменьшения потерь на трение передаточное число дифференциала берут близким к единице.

Частота вращения катушки

$$n_к = n_a i_6 = n_m A i_6 + n_m B i_6 i_1 i_2 i_v, \qquad (1.1.2)$$

где n_a и n_m - частота вращения главного вала и z_a; i_1, i_2, i_6 и i_v - передаточные числа соответственно между главным валом и верхним коноидом, между нижним коноидом и z_d, между z_a и катушками коноидного вариатора; A и B - коэффициенты дифференциала, причем $A + B = 1$.

Уравнения (1.1.1) и (1.1.2) выражают одну и ту же зависимость. В формуле (1.1.2) первый член равен частоте вращения рогульки $n_р$.

Передаточное число между главным валом и рогульками

$$i_5 = n_р / n_m = A i_6. \qquad (1.1.3)$$

Зависимость (1.1.3) является первым условием правильной намотки ровницы.

Частота вращения рогульки

$$n_р = n_д i_m i_5 \eta_m,$$

где $n_д$ - частота вращения вала электродвигателя; η_m - коэффициент, учитывающий проскальзывание ремня по приводным шкивам; $i_5 = i_c i_в$ - передаточные числа между главным валом и рогулькой; i_m, i_c и $i_в$ - передаточные числа ременной, цепной и винтовой (между прутковым валом *13* и веретенами) передач.

Передаточное число винтовых передач, связывающих прутковый вал *14* с катушками, то же равно $i_в$. Это позволяет упростить конструкции передач от прутковых валов к рогулькам и катушкам, а также уменьшить количество типоразмеров винтовых колес.

Число i_m выбирают в зависимости от заданных значений технологических и кинематических параметров:

$$i_m = \begin{cases} 0{,}5 \text{ при } T_{p\,max} \text{ и } n_{p\,min}; \\ 1{,}0 \text{ при } T_{p\,min} \text{ и } n_{p\,max}. \end{cases}$$

Максимальная частота вращения рогулек n_{pmax} имеет место при $i_m = 1$. Исходя из этого передаточное число между главным валом и рогульками

$$i_5 = n_{p\,max} / (n_д \eta_m).$$

По найденному i_5 с учетом того, что $i_n = 1$, из условия (1.1.3) определяют $i_в = i_6 = i_5 / A$ и $i_c = i_5 / i_в$.

Так как $i_n = 1$, в общей понижающей передаче от электродвигателя к рогулькам ($n_p < n_д$) винтовая передача будет повышающей ($i_в > 1$). Такое распределение передаточного отношения снижает КПД привода рогулек и вызывает повышение нагрузки на винтовые колеса.

Это явление можно устранить, если в приводе катушек использовать или шлицевый вал, вдоль оси которого вместе с верхней кареткой перемещается колесо, передающее вращение прутковому валу (ровничные машины фирмы Уайтин, Сако-Лоуэлл, Текстима), или упругий карданный вал (фирма Ритер).

Число кручений ровницы

$$K_p = n_p / v_s = 1000\, i_5 / (\pi\, d_s\, i_1\, i_3). \qquad (1.1.4)$$

По заданным $T_{p\,max}$ и $T_{p\,min}$ при $K_p = 100\, \alpha_т / \sqrt{T_p}$ (где $\alpha_т$ - табличное значение коэффициента крутки) вычисляют соответствующие им крутки $K_{p\,min}$ и $K_{p\,max}$. Диапазон круток $Д_t$ связан с крутильными колесами $z_{t\,min}$ и $z_{t\,max}$ соотношением

$$Д_t = K_{p\,max} / K_{p\,min} = z_{t\,max} / z_{t\,min}. \qquad (1.1.5)$$

Изменение крутки достигается сменой крутильного колеса z_t (изменением передаточного числа i_1). В передаче i_1 колесо z_t - ведущее (см. рис. 1.1.16). Число зубьев z_t прямо пропорционально K_p.

Число m_t крутильных колес определяется необходимой степенью чувствительности изменения крутки (например, 2 %) при изменении числа зубьев S_t на один или два:

$$m_t = 1 + (z_{t\,max} - z_{t\,min}) / S_t, \qquad (1.1.6)$$

где $S_t = z_{t\,n} - z_{t\,(n+1)}$ ($n = 1, 2, 3, \ldots, m_t$).

Для уменьшения числа крутильных колес и получения широкого диапазона круток вырабатываемая ровница делится на толстую и тонкую, а в передачи i_1 и i_3 вводятся добавочные сменные колеса z_n и z_0 (по одному для каждой группы (см. рис. 1.1.16)).

Из совместного решения (1.1.5) и (1.1.6) определяют $z_{t\,min}$, $z_{t\,max}$ и $z_{t\,n}$, а затем рассчитывают постоянную крутки $C_t = z_{t\,min} K_{p\,max}$. По найденным значениям $z_{t\,n}$ и C_t для толстой ровницы вычисляют крутки $K_{p\,n} = C_t / z_{t\,n}$. Число зубьев колеса z_n, сопряженного с колесом z_t, может быть выбрано от $z_{t\,min}$ до $z_{t\,max}$, но для получения оптимального передаточного числа i_3 следует подобрать такую крутку $K_p = K_{po}$, при которой $z_t = z_{to} = z_n$, а $i_1 = 1$. Этому отвечает крутка $K_{po} = \sqrt{C_t}$ с последующей ее корректировкой до величины, обеспечивающей z_{to} целым. По принятой крутке K_{po} и при $i_1 = 1$ из (1.1.4) находят i_3, а по нему z_0 и z_r.

При переходе на выработку тонкой ровницы по заданной ее максимальной крутке $K'_{p\,max}$, используя те же крутильные колеса z_t, определяют новую постоянную крутки $C'_t = z_{tmin} K'_{p\,max}$ и крутки $K'_{p\,n} = C'_t / z_{t\,n}$.

При $z'_0 = 18$ и принятых $z_{t\,min}$, $K'_{p\,max}$, z_s находят по (1.1.4) z'_n для этой группы ровниц.

Скорость выпуска ровницы $v_s = \pi d_s n_m i_1 i_3$, а скорость наматывания ее на катушку $v_н = (n_к - n_p)\, \pi d$.

Кратность вытяжки ровницы между выпускным цилиндром и катушками с учетом (1.1.2) и (1.1.3)

$$e = v_н / v_s = B\, i_2\, i_6\, i_v\, d / (d_s\, i_3) \qquad (1.1.7)$$

не должна превышать 1 + 3 %.

Уравнение (1.1.7) представляет собой второе условие правильной намотки ровницы. Для регулировки натяжения ровницы в начале наработки съема служит сменное мотальное колесо z_r, входящее в передачу i_2 как ведомое. Колесо z_r заменяется только при изменении

диаметра d_0 пустой катушки. При увеличении d_0 число зубьев z_r возрастает, а с уменьшением d_0 снижается.

Для коноидного вариатора с регулированием передаточного числа одновременным изменением диаметров верхнего D' и нижнего D'' коноидов при симметричном расположении области регулирования ($D'_{max} = D''_{max}$ и $D'_{min} = D''_{min}$) и границах изменения диаметра намотки $d_0 \le d \le D_0$

$$i_{v\,max} = \sqrt{D_0 / d_0}.$$

Исходя из этих данных, обозначив $i_2 = C_r / z_r$, где C_r - постоянная передачи i_2, из (1.1.7) получим

$$z_r = C_r B i_6 \sqrt{D_0 d_0} / (i_3 d_s e). \qquad (1.1.8)$$

При перезаправке ровничной машины на выработку тонкой ровницы передаточное число $i_3 = z_0/z_s$ изменяется на $i'_3 = z'_0 / z_s$ и условие (1.1.7) изменяется. Его можно восстановить, если в передачу i_2 ввести добавочные сменные колеса так, чтобы ее новая постоянная $C'_r = C_r i'_3 / i_3$. Значения $n_к$ и v_y изменяются в зависимости от d по одному и тому же гиперболическому закону. Это позволяет осуществлять передачу к верхней каретке и к катушкам от одного и того же коноидного вариатора. На ровничной машине движение к верхней каретке передается от нижнего коноида, минуя дифференциал, через передачу $i_4 = C_w z_w$ (где C_w - постоянная передачи i_4; z_w - число зубьев сменного подъемного колеса), а также реечную передачу ($t_р$ и $z_р$ - шаг и число зубьев реечной шестерни).

Колесо z_w - ведущее и служит для регулирования плотности наматывания витков на катушке по вертикали. Число зубьев z_w прямо пропорционально v_y и $T_р$.

Скорость v_y каретки должна обеспечивать укладку витков ровницы вплотную друг к другу:

$$v_y = 10\,(n_к - n_р) / S_y, \qquad (1.1.9)$$

где S_y - число витков ровницы на 1 см длины катушки.

По кинематической схеме скорость верхней каретки

$$v_y = n_m i_1 i_v C_w z_w t_р z_р. \qquad (1.1.10)$$

Из (1.1.9), (1.1.10), (1.1.2) и (1.1.3) получим

$$z_w = 10 B i_6 i_2 / (C_w S_y t_р z_р). \qquad (1.1.11)$$

Число $z_{w\,max}$ соответствует $S_{y\,min}$. При такой заправке ровничной машины передаточное число передачи, включающей z_w, выбирают равным единице.

Сокращение размаха верхней каретки за время наработки паковки

$$\Delta H = \frac{2k_1k_2(H_0 - H_1)}{(D_0 - d_0)\sqrt{1000 / T_р}},$$

где H_1 - размах верхней каретки при намотке последнего слоя; $k_1 = \delta\sqrt{1000 / T_р}$; δ - толщина ровницы; $k_2 = \Delta d/2\delta$; Δd - увеличение диаметра после навивки текущего слоя.

Современные ровничные машины оборудуют трех- или четырехцилиндровыми вытяжными приборами. Вследствие малых разводок между цилиндрами и для уменьшения влияния погрешности окружного шага используют в передачах к вытяжным цилиндрам мелкомодульные (m = 1,5 ÷ 2,5 мм) зубчатые колеса с возможно большим числом зубьев.

В передаче трехцилиндрового двухремешкового вытяжного прибора общая вытяжка (рис. 1.1.18)

$$E = T_л / T_р = e_1 e_2,$$

где e_1 и e_2 - частные вытяжки в передней и задней зонах; $T_л$ - линейная плотность ленты на входе в вытяжной прибор.

Предпочтительнее устанавливать e_2 = = 1,03 ÷ 2,40 и e_1 / e_2 = 2,47 ÷ 7,40.

Для изменения частных вытяжек применяют сменные колеса $z_в$ и $z_е$, количество которых ($m_в$ и $m_е$) определяется необходимой степенью чувствительности изменения вытяжки (например, 2 %) при изменении числа зубьев ($S_в$ и $S_е$) на один или два:

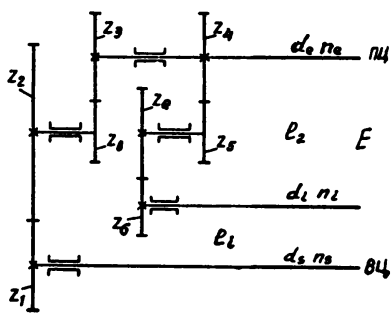


Рис. 1.1.18. Схема передачи трехцилиндрового двухремешкового вытяжного прибора

$$m_в = 1 + (z_{в\,max} - z_{в\,min}) / S_в$$

и

$$m_e = 1 + (z_{e\,max} - z_{e\,min}) / S_e,$$

где $S_в = z_{вn} - z_{в(n+1)}$ $(n = 1, 2, 3, \ldots, m_в)$;

$S_e = z_{e(n+1)} - z_{en}$, $(n = 1, 2, 3, \ldots, m_e)$.

По предельным значениям вытяжек находят диапазон их изменения:

$Д_в = E_{max} / E_{min} = z_{в\,max} / z_{в\,min}$ (для толстой и тонкой ровниц);

$$Д_e = e_{2\,max} / e_{2\,min} = z_{e\,max} / z_{e\,min}.$$

При $S_в = S_e = 1$ имеем

$$z_в = \begin{cases} z_{в\,min} = (m_в - 1) / (Д_в - 1) & \text{при } E_{max}; \\ z_{в\,max} = Д_в z_{в\,min} & \text{при } E_{min}; \end{cases}$$

$$z_e = \begin{cases} z_{e\,min} = (m_e - 1) / (Д_e - 1) & \text{при } e_{2\,min}; \\ z_{e\,max} = Д_e z_{e\,min} & \text{при } e_{2\,max}. \end{cases}$$

При $z_{в\,max}$ и $z_{e\,min}$ передаточные числа $i_1 = z_в / z_3$ и $i_e = z_e / z_6$ равны между собой и близки к единице.

При $i_1 = i_e = 0{,}9$ и предельных значениях вытяжек

$$E_{max} = d_s / (0{,}9\, d_e\, i_s);$$

$$e_{2min} = 0{,}9\, i_к\, d_1 / d_e$$

определяют передаточные отношения $i_s = z_1/z_2$ и $i_к = z_4 / z_5$. Для текущих значений E и e_2 находят промежуточные числа i_1 $(z_в)$ и i_e (z_e).

Регулировка плотности тела намотки в радиальном направлении, которая характеризуется числом слоев на 1 см радиуса тела намотки S_x, обеспечивается сменными (замковыми) зубчатыми колесами z_f и z_g, изменяемыми одновременно при

$$z_{f\,max} + z_{g\,min} = z_{f\,min} + z_{g\,max} = F.$$

Диапазон изменения S_x находят по предельным значениям

$$Д_z = \frac{S_{x\,max}}{S_{x\,min}} = \frac{z_{f\,max} z_{g\,max}}{z_{f\,min} z_{g\,min}}.$$

Заменяя $z_{f\,max}$ и $z_{f\,min}$ их значениями

$$z_{f\,max} = F - z_{g\,min},$$

$$z_{f\,min} = F - z_{g\,max},$$

получим

$$Д_z = \frac{z_{g\,max}\left(F - z_{g\,min}\right)}{z_{g\,min}\left(F - z_{g\,max}\right)}.$$

В свою очередь

$$z_{g\,max} - z_{g\,min} = Q$$

или

$$z_{g\,max} = Q + z_{g\,min},$$

где $Q = (m_z - 1)\, S_z$; m_z - число замковых колес; $S_z = z_{gn} - z_{g\,(n-1)}$ $(n = 1, 2, 3, \ldots, m_z)$ - разность чисел зубьев соседних колес (целое число).

Из уравнения

$$z_{g\,min}^2 - z_{g\,min}\left(F - Q\right) + QF / \left(Д_z - 1\right) = 0$$

находим

$$z_{g\,min} = \Big(\left(F - Q\right) - 0{,}5\sqrt{\left(F - Q\right)^2 - 4QF / \left(Д_z - 1\right)}\Big).$$

Когда замковые колеса симметричны, $z_{f\,max} = z_{g\,max}$, $z_{f\,min} = z_{g\,min}$ и $\dfrac{S_{x\,max}}{S_{x\,min}} = \dfrac{z_{f\,max}^2}{z_{g\,min}^2} = Д_z^2$, получается $z_{f\,max} = Д_z\, z_{g\,min}$.

Пользуясь представленными формулами, находят число зубьев всех замковых колес в зависимости от $Д_z$.

Профилирование коноидов осуществляют следующим образом. При наматывании хлопчатобумажной ровницы диаметр d тела намотки изменяется по закону:

$$d = 0{,}047096 + 0{,}122800\, x + 0{,}047224\, x^2 + 0{,}038202\, x^3 - 0{,}039233\, x^4,$$

где $x = k\, l / m$ - перемещение отводки, отсчитываемое от сечения коноида, соответствующего d_0; $m = 0{,}5\ (D_0 - d_0)\, S_x$ - полное число слоев ровницы на катушке; S_x - число слоев, укладываемых на 1 см радиуса тела намотки; k - порядковый номер наматываемого на катушку слоя $(1 \le k \le m)$; l - рабочая длина коноидов (на ровничных машинах почти всех типов $l = 570 \div 670$ мм).

Подставив выражение для d в (1.1.7), получают уравнение, характеризующее изменение передаточного числа i_v от перемещения x ремня на коноидах:

$$i_v = e\, d_s\, i_3 / (B\, i_2\, i_6\, d). \qquad (1.1.12)$$

Вторую зависимость, необходимую для определения D' и D'', находят из формулы длины ремня:

$$L = 2\, a + 0{,}5\, \pi\, (D' + D'') + (D' + D'')^2 / (4\, a),$$

где a - межцентровое расстояние.

Задаваясь D''_{min}, определяют D'_{max} из формулы

$$i_v = (D' + t)\,\eta_p / (D'' + t), \qquad (1.1.13)$$

где η_p = 0,92 - коэффициент, учитывающий проскальзывание ремня по коноидам.

Минимальный диаметр коноидов выбирают в зависимости от его отношения к толщине ремня $D''_{min} / t \geq 25 + 30$. Длину ремня получают по найденным предельным значениям диаметров коноидов. Расчетную длину ремня округляют до ближайшей стандартной, после чего находят окончательное межцентровое расстояние a_0. Текущие диаметры D рассчитывают из условия постоянства длины ремня:

$$D' = \frac{-0{,}5\pi(i_v + 1) + \sqrt{0{,}25\pi^2(i_v + 1)^2 + 2(i_v - 1)^2\left[L/(2a_0) - 1\right]}}{(i_v - 1)^2} \times$$

$$\times 2i_v a_0.$$

Силовой расчет замкнутой дифференциальной передачи приводится без учета потерь на трение. Мощность, подводимая к главному валу ровничной машины,

$$N_m = N_к + N_y,$$

где $N_к$ и N_y - мощности, расходуемые соответственно на вращение катушек и перемещение верхней каретки.

Катушки приводятся от колеса z_a, закрепленного на ведомом валу дифференциала, а верхняя каретка - от вала ведомого коноида.

Мощность $N_к$ передается двумя потоками:

через дифференциал

$$N_d = A\,N_к / (A + B\,i_1\,i_2\,i_v);$$

через коноидный вариатор

$$N_v = B\,N_к\,i_1\,i_2\,i_v / (A + B\,i_1\,i_2\,i_v).$$

Мощности N_d и N_v складываются на ведомом валу колеса z_a: $N_к = N_d + N_v$, а от него направляются к катушкам.

Так как N_y поступает от нижнего (ведомого) коноида, то полная мощность, передаваемая через коноидный вариатор, $N_0 = N_v + N_y$.

При осуществлении привода катушек и верхней каретки от одного и того же колеса z_a

$$N'_d = A\left(N_к + N_y\right) / \left(A + B i_1 i_2 i_v\right);$$

$$N'_0 = B i_1 i_2 i_v \left(N_к + N_y\right) / \left(A + B i_1 i_2 i_v\right).$$

Ленточные машины. Они предназначены для распрямления и параллелизации волокон в ленте после чесальных машин, а также для выравнивания по толщине выходной ленты путем сложения нескольких лент и их совместного вытягивания.

В вытяжном приборе вытягиваются одновременно несколько чесальных лент, формируется новая выходная лента, которая укладывается в таз. Число сложений на ленточных машинах для хлопка 6 + 8, для шерсти 6 + 14, для льна и лубяных волокон 4 + 14. Обычно вытяжка на ленточных машинах равна числу сложений. Автоматические регуляторы линейной плотности ленты, подсоединяемые к вытяжному прибору, непрерывно выравнивают ленту в соответствии с планом прядения и обеспечивают получение высококачественной выходной ленты.

После укладки в таз ленты определенной длины специальное автоматическое устройство проводит смену таза. Скорость выпуска ленточных машин достигает 600 м/мин при хлопкопрядении и 350 + 400 м/мин при прядении шерсти и льна. Рабочие органы ленточной машины приводятся плоскозубчатыми ременными передачами.

Ленточные машины имеют две модификации: одновыпускные со встроенным регулятором линейной плотности ленты, имеющие высокую скорость выпуска ленты в тазы диаметром 500, 600 и 900 мм; двухвыпускные с укладкой ленты в тазы диаметром 220, 300, 400 и 500 мм. Для пневмомеханических прядильных машин при диаметре тазов 220 мм применяют устройство уплотнения укладки, что позволяет увеличить массу ленты в тазу примерно в 2 раза.

При прядении хлопка стремятся увеличить скорость выпуска ленты до 800 м/мин. Для получения ленты требуемого качества, вырабатываемой на высокой скорости, необходимо предусмотреть следующее:

вертикальную выборку лент из тазов и транспортировку их к вытяжному прибору по возможности без трения и растяжения;

вертикальное или наклонное расположение вытяжного прибора, у которого линии центров вытяжных пар расположены по нормалям к движущемуся продукту;

контроль плавающих волокон;

стабильность нагрузки на нажимные валики;

укладку ленты в таз по расчетным траекториям (винтовые лентоводы);

постоянство натяжения ленты при укладке в таз;

комбинированную систему автоматического регулирования линейной плотности ленты.

На ленточных машинах осуществляется: автоматическая заправка ленты; автоматическая нагрузка и разгрузка вытяжного прибора; смена тазов без останова машины; автоматический контроль и диагностика состояния ленточной машины.

1.1.4. КОЛЬЦЕПРЯДИЛЬНЫЕ И КОЛЬЦЕКРУТИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Кольцепрядильные и кольцекрутильные машины предназначены для выработки пряжи и кручения нити. Они имеют большое число (240 и более) однотипных рабочих мест, расположенных вдоль машины по обеим ее сторонам, и значительную длину, в связи с чем машины выполняют секционными.

Основными устройствами этих машин являются механизмы питания, вытяжные приборы и крутильно-мотальные механизмы. На кольцепрядильных машинах (рис. 1.1.19) механизм питания содержит устройства для размещения входных паковок с полупродуктом

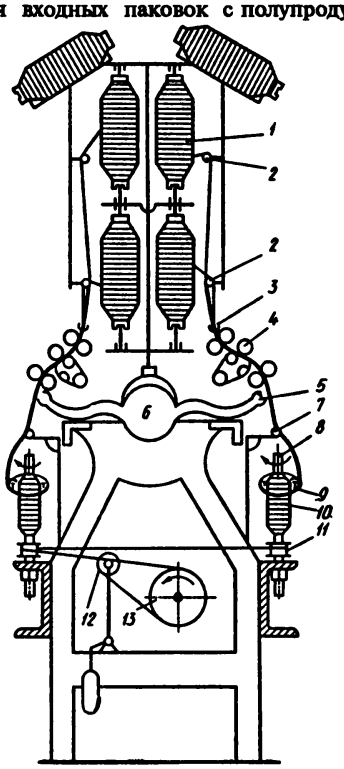


Рис. 1.1.19. Кольцепрядильная машина:
1 - катушка; *2* - направляющий пруток; *3* - водилка; *4* - вытяжной прибор; *5* - патрубок мычкоулавливателя; *6* - воздуховод; *7* - неподвижный нитепроводчик; *8* - веретено; *9* - бегунок; *10* - шпуля; *11* - тесьма; *12* - натяжной ролик; *13* - шкив

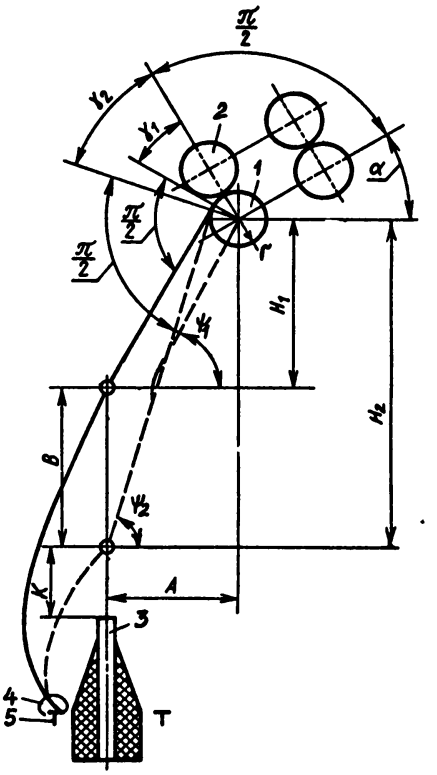


Рис. 1.1.20. Заправочная схема кольцепрядильной машины

(ровницей) и вытяжной прибор *4* для утонения ровницы до заданной линейной плотности и транспортировки полученной волокнистой ленточки (мычки) в зону кручения. На кольцекрутильных машинах механизм питания содержит устройства для размещения входных паковок с нитями и питающий механизм, подающий нити в зону кручения. Крутильно-мотальный механизм крутильных машин обеспечивает скручивание нити с входной паковки с целью придания ей заданных физико-механических свойств и намотку крученой нити на нитеноситель, формируя выходную паковку заданной формы и структуры.

Входные паковки с ровницей размещаются на кольцепрядильных машинах для прядения хлопка и гребенной шерсти в катушечных рамках, а для прядения шерсти по аппаратной системе - на раскатных барабанах. На кольцепрядильных машинах для хлопка на ход технологического процесса большое влияние оказывает дуга обтекания, определяемая углом γ_l (рис. 1.1.20). При $\gamma_l > 30$ ° наблюдается повышенная обрывность пряжи.

Угол $\gamma_l = \psi_l - (\alpha + \gamma_1)$;

$$\sin \psi_i = \frac{Ar + H_i\sqrt{A^2 + H_i^2 + r^2}}{A^2 + H_i^2},$$

$$i = 1,2,$$

где ψ_i - угол наклона нити к горизонтали; α - угол наклона рабочей линии вытяжного прибора к горизонтали; γ_1 - угол, появляющийся в результате смещения (завала) нажимного валика *2* по ходу продукта, обычно $\gamma_1 = 5°$; r - радиус переднего цилиндра *1* вытяжного прибора.

В кольцепрядильных машинах для хлопка наибольшее распространение получили вытяжные приборы с $\alpha = 45 \div 65°$. Размер $K = 20 \div 40$ мм. В машинах для безбаллонного прядения $K = 2 \div 4$ мм. Ход нитепроводников $B = 50 \div 70$ мм.

Совмещение процессов кручения и наматывания на одном рабочем органе - шпинделе веретена привело к появлению пары кольцо - бегунок. Скручивание мычки или сфащенных (соединенных вместе) нитей осуществляется путем вращения шпинделя веретена с нитеносителем *3* и движения бегунка *4* по кольцу *5*, а намотка готового продукта на нитеноситель - в результате отставания бегунка от шпинделя. Частота вращения бегунка по кольцу $n_б = (0,99 \div 0,97)\, n_в$ (где $n_в$ - частота вращения шпинделя веретена).

Получение выходной паковки заданной формы и структуры обеспечивается механизмом раскладки, перемещающим по определенному закону либо кольцевую планку с бегунком, либо веретено с нитеносителем, либо и то и другое одновременно вдоль оси веретена. Плотность выходной паковки зависит от массы бегунка, линейной плотности наматываемой нити, размеров паковки и других факторов. Намоточное натяжение нити увеличивается при уменьшении отношения диаметра d нитеносителя к диаметру кольца D. В большинстве случаев отношение $d / D = 0,42 \div 0,55$. При движении бегунка по кольцу возникает центробежная сила, превышающая в $1500 \div 3000$ раз вес бегунка.

Диаметр D по внутренней рабочей поверхности кольца и ширина b горизонтального бортика стандартизованы (рис. 1.1.21). Стандартизованы также предельные отклонения размеров элементов колец, форма, размеры и масса бегунка. Бегунки в пределах каждого типа нумеруют в зависимости от массы, которая составляет миллиграммы. Масса тысячи бегунков (в г) является номером бегунка. Бегунки имеют форму: эллиптическую (рис. 1.1.22, *а*), эллиптическую с прямой спинкой (рис. 1.1.22, *б*), С-образную, С-образную с отогнутыми ножками (рис. 1.1.22, *в*, *г*) и др. Бегунки для колец с вертикальным бортиком (рис. 1.1.22, *д*) изготовляют с круглым (для колец высотой 8 мм) и плоским (для колец высотой больше 8 мм) сечениями. Основные размеры бегунков (B, b и H) должны соответ-

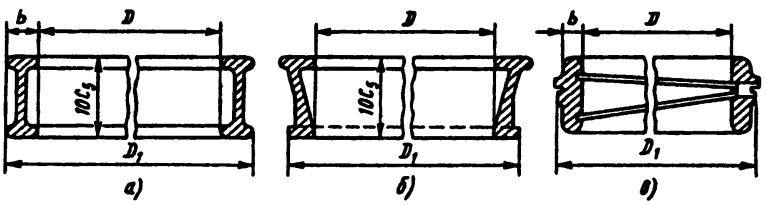


Рис. 1.1.21. Кольца прядильных и крутильных машин:
а - с горизонтальным бортиком; *б* - конические; *в* - с вертикальным бортиком

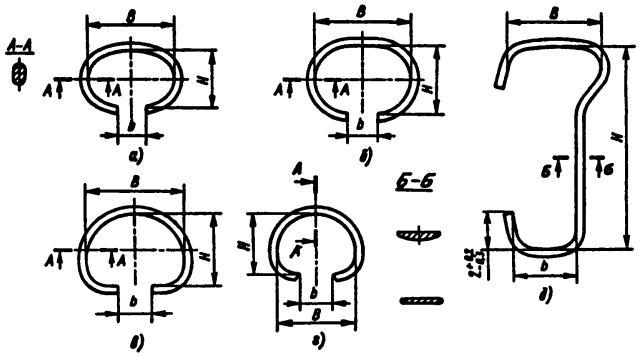


Рис. 1.1.22. Бегунки прядильных и крутильных машин

ствовать размерам рабочих профилей колец. Во избежание вылета бегунков размер b должен быть меньше ширины бортика кольца.

Наличие пары кольцо - бегунок ограничивает радиальный размер выходной паковки и скорость бегунка. После наработки паковки предельного размера машину останавливают, проводят съем наработанных паковок, устанавливают на шпиндели веретен запасные нитеносители и процесс наработки повторяется. Следует отметить, что относительная скорость движения бегунка по кольцу редко превышает v = 35 м/с. Дальнейшее повышение этой скорости требует решения сложных технических вопросов и экономически не всегда целесообразно.

Максимальная частота вращения ротора (шпинделя) веретена

$$n_в = \frac{60\,v_{max}}{\pi D(0{,}99 \div 0{,}97)},$$

где D - диаметр кольца; v_{max} - максимальная (экономически целесообразная) относительная окружная скорость движения бегунка по кольцу для конкретной нити при заданных размерах, форме и плотности выходной паковки.

Так как полупродукт в процессе прядения или кручения должен получить технологически заданную крутку K продольная скорость пряжи или нити

$$v = v_ц K_у = \frac{n_б}{K} = \frac{60 v_{max}}{\pi D K},$$

где $v_ц$ - окружная скорость питающего цилиндра, м/мин; $K_у$ - усредненный коэффициент укрутки нити, $K_у \approx 0{,}96$.

Таким образом, производительность в прядильном и крутильном производствах при прочих равных условиях прямо пропорциональна технологически достигнутой скорости v_{max} движения бегунка по кольцу и обратно пропорциональна диаметру кольца.

Для снижения обрывности нити и увеличения производительности труда и оборудования на кольцепрядильных машинах широко используют регулирование скорости. При этом оценку скорости машины удобно вести по частоте вращения шпинделя веретена ($мин^{-1}$). Наиболее простым и распространенным является ступенчатое регулирование скорости (базовое или базисное): частота вращения веретен в начале наработки съема (при наработке гнезда) меньше, чем у машины без регулирования скорости (рис. 1.1.23). Для реализации ступенчатого регулирования используют двухскоростные двигатели. При базовом регулировании уменьшается обрывность и повышается производительность машины на 5 - 6 %.

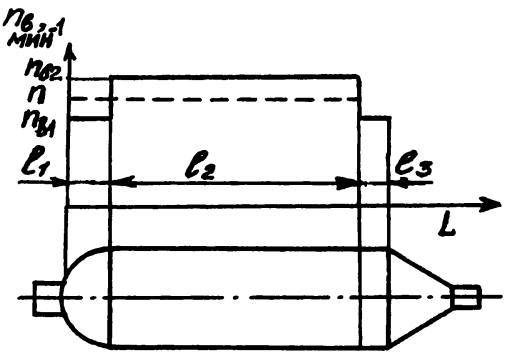


Рис. 1.1.23. График базисного регулирования скорости прядильной машины:
l_1 - длина гнезда паковки; l_2 - длина тела паковки; l_3 - длина вершины паковки; n - частота вращения веретена без регулирования скорости; L - линейный размер; $n_{в1}$ - частота вращения веретена при наработке гнезда и вершины паковки; $n_{в2}$ - частота вращения веретена при наработке тела паковки

Более совершенным является непрерывное регулирование частоты вращения шпинделя веретена. Оно складывается из базового и послойного регулирования, что позволяет учесть изменение намоточного натяжения нити при перемещении кольцевой планки (базисное регулирование) и радиуса тела намотки в слое (послойное регулирование). При непрерывном регулировании скорости снижается обрывность нити, но машина становится более сложной и дорогой.

Для облегчения обслуживания и снижения обрывности прядильные машины оснащают мычкоуловителями (см. рис. 1.1.19). Мычкоуловитель в случае обрыва нити вследствие разрежения, создаваемого вентилятором, всасывает выходящие из вытяжного прибора волокна и направляет их в сборник. Это предотвращает попадание волокон на соседние нити и на выпускной цилиндр вытяжного прибора. На кольцекрутильных и некоторых кольцепрядильных машинах с целью улучшения экономических показателей работы машины устанавливают прерыватели питания в случае обрыва нити.

Для увеличения съема продукции с единицы производственной площади веретена на машинах размещают близко друг к другу (шаг между осями соседних веретен 66 ÷ 100 мм). Чтобы устранить возможность захлестывания соседних нитей и появления массовых обрывов между веретенами устанавливают пластинчатые разделители (сепараторы).

На кольцепрядильных машинах с большими паковками широкое распространение получили кольцевые баллоно-ограничители, состоящие из одного или двух отдельных колец. Применение кольцевых ограничителей

уменьшает размер баллона, снижает колебания натяжения нити, позволяет использовать при прочих равных условиях более тяжелые бегунки.

Вследствие наличия на машинах большого числа однотипных рабочих мест наиболее трудоемкой ручной операцией является съем наработанных паковок и установка запасных нитеносителей. Затраты труда на съем - установку (зарядку) составляют до 20 % общих затрат прядильного цеха. Для механизации и автоматизации процесса съема - зарядки разрабатывают различные приспособления и механизмы. Широкое применение получил встроенный в машину автосъемник системы Ко-Ве-Мат, который осуществляет 27 операций, в том числе: питание машины запасными нитеносителями (патронами); одновременный съем всех наработанных паковок (початков) со шпинделей веретен; установку паковок на конвейер; захват нитеносителей и надевание их на шпиндели веретен; вывод наработанных паковок из машины. Чистое время съема - зарядки 3,5 мин.

Питание запасными нитеносителями и вывод паковок осуществляются между съемами и не влияют на простой машины. Встроенный автосъемник является высокоточным механизмом с самостоятельным электроприводом и пневматической системой. Его стоимость составляет примерно 30 % стоимости машины. Применение автосъемников особенно эффективно на машинах, на которых время наработки съема составляет менее 4 ÷ 5 ч. Автосъемники группового и последовательного действия широкого применения не получили.

В процессе работы прядильных машин выделяется много пыли и пуха, которые скапливаются в рабочих зонах и нарушают технологический процесс. Для поддержания нормальных условий в цехе пыль и пух непрерывно или периодически удаляют. Эту операцию выполняют либо вручную, либо машину оснащают пылеотсосами, либо используют пухообдуватели. Наибольшее распространение получили пухообдуватели. Они движутся по расположенным над машинами рельсам. Один пухообдуватель обслуживает до 10 машин. Он имеет патрубки для обдува тех частей машины, где больше всего скапливается пуха и пыли, и всасывающие рукава для сбора пыли с пола. Устройства для отсасывания пыли более прогрессивны, но и более энергоемки, чем пухообдуватели. При использовании пухообдувателей часть пыли с машин попадает в воздух и ухудшает санитарные условия труда.

Основными направлениями развития кольцепрядильных машин являются: разработка устройств для автоматической присучки пряжи; использование микропроцессоров с выводом основных параметров работы машины на дисплей; агрегатирование кольцепрядильных машин с ровничными машинами и мотальными автоматами; уменьшение размеров початков в связи с применением автоматизированных устройств для безузловой присучки пряжи на мотальных автоматах и повышение в связи с этим частоты вращения веретен (22 000 мин$^{-1}$ и более); применение индивидуального привода веретен с целью снижения потребления энергии и бесступенчатого регулирования их скорости; увеличение числа веретен на машине с целью улучшения экономических показателей машины.

1.1.5. МАШИНЫ БЕЗВЕРЕТЕННОГО ПРЯДЕНИЯ

Машины безверетенного прядения (МБП) предназначены для получения нити из волокон. Безверетенный способ прядения состоит в разделении (дискретизации) входящего волокнистого продукта, подаче отдельных волокон в формирующее нить устройство. В основе безверетенного формирования пряжи лежат следующие способы:

механический; дискретные волокна накладываются механическим способом на свободный конец нити (пряжи);

пневмомеханический; отдельные волокна транспортируются в камеру потоком воздуха и скручиваются в пряжу механическим способом;

пневматический; воздушным вихрем осуществляется подача в камеру (форсунки) разрозненных волокон и их скручивание в пряжу;

электромеханический; для распрямления и параллелизации волокон используют электрическое поле; скручивание достигается механическим способом;

гидравлический; для подачи отдельных волокон в камеру и их скручивания в пряжу используют потоки жидкости (принцип аналогичен пневматическому).

Наибольшее распространение получили пневмомеханический и пневматический способы безверетенного прядения.

Пневмомеханический способ прядения. Пневмомеханические прядильные машины (ППМ) предназначены для выработки пряжи из волокнистой ленты, полученной с ленточных машин. Иногда используют ленту непосредственно с чесальной машины (в хлопкопрядении). Входная лента (рис. 1.1.24) проходит между питающим рифленым валиком и питающим столиком *1*. Расчесывающий дискретизирующий барабанчик *2* разъединяет ленту на отдельные волокна, которые потоком воздуха направляются через канал в прядильную камеру *3*. Во вращающейся прядильной камере волокна отбрасываются центробежной силой к стенке и по ее конической поверхности соскальзывают в желоб, в котором образуется волокнистая ленточка. Извлекаемый

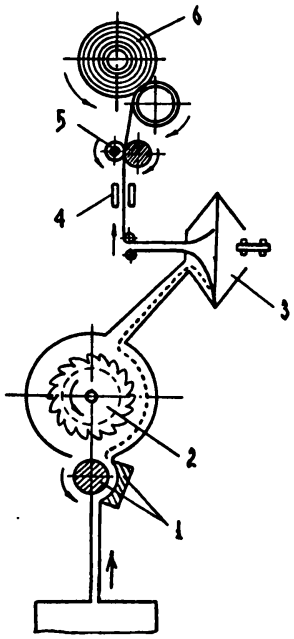


Рис. 1.1.24. Схема машины пневмомеханического прядения

из прядильной камеры конец ленточки скручивается в результате вращения камеры. Таким образом формируется пряжа, которая, пройдя контрольный датчик *4* и зажим выпускной пары *5*, наматывается на цилиндрический нитеноситель, образуя паковку *6* крестовой структуры.

ППМ содержит питающее, дискретизирующее, прядильное, крутильное, выпускное, мотальное устройства и пневмосистему. Питание ППМ осуществляется волокнистой лентой из тазов высотой 900 мм, диаметром 214 и 300 мм при межцентровом расстоянии прядильных устройств 120 мм или из тазов диаметром 350 мм при межцентровом расстоянии 160 мм. Процесс разъединения волокон осуществляется дискретизирующим устройством в виде вытяжного прибора или дискретизирующего барабанчика. Последнее устройство получило наибольшее распространение, так как обеспечивает более высокое качество вырабатываемой пряжи.

Поверхность дискретизирующего барабанчика покрыта пильчатой гарнитурой. Зубья пильчатой гарнитуры дискретизирующего барабанчика отделяют от ленты волокна, которые воздушным потоком из зоны съема транспортируются в прядильную камеру. Гарнитура барабанчиков стандартизована и зависит от вида перерабатываемых волокон. Частота вращения дискретизирующего барабанчика 5000 ÷ 9000 мин$^{-1}$. Скорость воздушного потока в зоне съема волокон и в транспортном канале превышает окружную скорость зубьев дискретизирующего барабанчика, благодаря чему волокна снимаются с зубьев гарнитуры и поступают в прядильную камеру. Эффективность отделения волокон зависит от силы трения между волокнами в зажиме питающего столика и цилиндра, от типа гарнитуры и частоты вращения дискретизирующего барабанчика. Вследствие постепенного сужения транспортного канала в направлении прядильной камеры скорость воздушного потока увеличивается, что способствует дальнейшему распрямлению отделенных от ленты волокон.

В прядильной камере осуществляются формирование и кручение пряжи с заданными физико-механическими параметрами. Наклонная боковая стенка, пересекаясь в основании с дном камеры, образует кольцевой желоб, в котором происходит формирование волокнистой ленточки. При каждом обороте прядильной камеры в ее желоб укладывается новый слой дискретных волокон и, таким образом, происходит циклическое сложение волокнистых слоев, обеспечивающее эффект выравнивания, который при выработке хлопчатобумажной пряжи средней линейной плотности достигает 14 - 20.

Частота вращения прядильной камеры достигает 10^5 мин$^{-1}$.

Форма и размеры наружной поверхности камеры должны обеспечивать наименьшее аэродинамическое сопротивление при ее вращении. Камеру изготовляют из легких сплавов в виде тонкой оболочки вращения, что приводит к уменьшению ее массы, момента инерции и динамических нагрузок на опоры. От диаметра камеры, конструкции кожуха и зазора между ними зависит потребляемая мощность. Увеличение срока службы опор прядильных камер достигается точностью изготовления, демпфированием и балансировкой всей вращающейся системы.

Сформированная пряжа выводится из прядильной камеры выпускным устройством, состоящим из стального гладкого вала и нажимного валика с эластичным покрытием. В этой зоне установлены датчики обрыва пряжи. При обрыве нити прекращается подача ленты из таза. Сформированная нить наматывается на цилиндрические и конические нитеносители с постоянным натяжением. Диаметр выходных цилиндрических паковок достигает 220 ÷ 250 мм, а длина в зависимости от межцентрового расстояния прядильных устройств (120 или 160 мм) соответственно 85 ÷ 90 мм или 120 мм. Конические паковки имеют угол конуса 1° 31′, максимальный диаметр 220 мм и ту же длину, что и цилиндрические паковки. Масса паковки достигает 1,5 ÷ 2,6 кг.

Наматывающее устройство состоит из гладкого стального вала, механизма раскладки и бобинодержателя. Раскладка нити на нитеносителе осуществляется штангой с расположенными на ней нитепроводниками, движущимися возвратно-поступательно вдоль образующей тела намотки. Штанга получает движение от пространственного кулачка раскладки. Для повышения скорости наматывания применяют безынерционные механизмы раскладки в виде прорезных пластмассовых барабанчиков.

ППМ предназначены для выработки пряжи. Линейная плотность пряжи 14,7 - 100 текс, наилучшее качество достигается при выработке пряжи средней и большой линейной плотности. Скорость выпуска пряжи достигает 162 м/мин при частоте вращения прядильных камер 80 000 мин$^{-1}$. Конструктивно машины выполняют двусторонними, секционными, с числом рабочих мест 200 и более. Отдельные секции машин содержат 16 - 40 прядильных устройств. Общая длина машины благодаря секционному исполнению может варьироваться в широких пределах.

Привод машины обычно находится в головной секции. Иногда привод располагают в центре машины, что в сочетании с рамой большой массы обеспечивает спокойную работу при повышенных частотах вращения прядильных камер. На машинах применяют отдельные электродвигатели для привода дискретизирующих барабанчиков и прядильных камер. Частоту вращения этих рабочих органов изменяют с помощью сменных шкивов. В кинематической передаче к рабочим органам предусмотрены сменные шестерни, посредством которых изменяют заправочные (кинематические и технологические) параметры машины.

В осуществлении технологического процесса в пневмомеханической прядильной машине важная роль отводится воздушным потокам, которые обеспечивают съем волокон с зубьев гарнитуры дискретизирующего барабанчика, их транспортировку в прядильную камеру, а также подачу конца пряжи в прядильную камеру при заправке машины. Для эффективного использования воздуха на машинах устанавливают пневмосистему, в воздуховоды которой поступает выходящий из прядильных камер воздух и, после централизованной очистки от пыли, пуха и охлаждения, вновь возвращается в помещение.

Автоматизация обслуживания машины предполагает наличие автоматических устройств ликвидации обрывов пряжи и очистки прядильных камер от волокон и сорных примесей, встроенного электронного устройства, обеспечивающего периодическую очистку прядильных камер, автоматического съемника наработанных паковок без прекращения процесса прядения, автоматического устройства

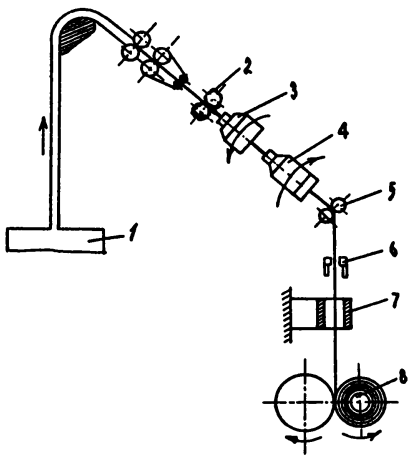


Рис. 1.1.25. Схема машины аэродинамического прядения

подачи гильзы в магазин автосъемника паковок, устройства массовой запрядки пряжи с электронным управлением на всех рабочих местах в течение нескольких минут.

Пневматический способ прядения. На машинах аэродинамического прядения системы Мурата (Япония) перерабатываемая лента (рис. 1.1.25) из таза *1* поступает в вытяжной прибор. После вытяжки пучок волокон выходит из передних цилиндров *2* вытяжного прибора и поступает в пневматические форсунки *3* и *4*. Воздушные потоки в форсунках вращаются в противоположных направлениях, благодаря чему происходит формирование пряжи. Полученная пряжа проходит через выпускную пару *5*, датчик *6*, сигнализирующий об обрыве пряжи, электронный нитеочиститель *7* и, после устранения пороков, наматывается на нитеноситель *8*.

Процесс формирования пряжи происходит следующим образом (рис. 1.1.26). Выходящий из вытяжного прибора *2* пучок волокон *1* скручивается форсункой *4*, при этом вращение пучка происходит в направлении, противоположном вращению форсунки *3*, а пучок волокон получает раскручивающее воздействие. Происходит ослабление крутки в пучке волокон в зоне между выпускными цилиндрами вытяжного прибора и форсункой *3*, пучок получает левую крутку *S*. На выходе из форсунки *3* пряжа имеет правую крутку *Z*. В зоне между форсунками - крутку *Z* двойной интенсивности, а на выходе из форсунки 4 пряжа имеет крутку *Z*. Структура пряжи (рис. 1.1.27) формируется в процессе отделения и оборачивания волокон на очень высоких скоростях. Воздушная струя вращается с частотой $3 \cdot 10^6$ мин$^{-1}$, а пучок волокон - с частотой 200 ÷ 300 тыс. мин$^{-1}$.

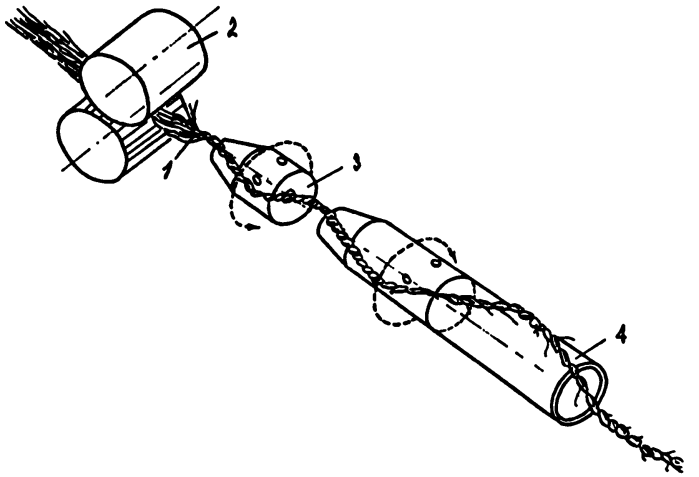


Рис. 1.1.26. Схема формирования пряжи аэродинамическим способом

Рис. 1.1.27. Фрагмент готовой пряжи, полученной аэродинамическим способом

Машина аэродинамического прядения конструктивно выполняется односторонней и состоящей из секций: головной, средних и хвостовой. Число рабочих мест 24 - 72 с интервалом 12. Общая вытяжка перерабатываемого продукта 50 - 250. Машина снабжена автоматическим узловязателем, передвигающимся со скоростью 17 м/мин. Ликвидация одного обрыва длится 15 с. Сжатый воздух в форсунки подается от специального компрессора. Выходная паковка имеет массу 3,5 ÷ 4 кг и может непосредственно использоваться на сновальной машине. Машина отличается высокой производительностью, примерно в 10 раз превышающей производительность кольцепрядильной машины. Скорость прядения достигает 120 ÷ 210 м/мин, линейная плотность пряжи 12,5 ÷ 50 текс из хлопка и синтетических волокон в чистом виде и их смеси.

На машинах безверетенного прядения применяют электронные системы сбора и обработки информации, которые систематизируют сведения об обрывности, о работе отдельных прядильных мест с обрывностью выше установленного уровня, о простоях и производительности каждого прядильного места и могут включать эту информацию в систему централизованного сбора данных по предприятию.

1.1.6. МЕХАНИЗМЫ МАШИН ПРЯДИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Лентоукладчики. Лентоукладчики применяют на чесальных, ленточных и гребнечесальных машинах. Они принимают ленту из волокнистого материала и укладывают ее в таз так, чтобы при максимальном использовании объема ее можно было легко извлечь из таза для осуществления последующих операций обработки или переработки.

Конструктивно лентоукладчики выполняют с неподвижным или вращающимся тазом, с укладкой одной или двух лент в один таз. Принцип укладки ленты в таз во всех случаях одинаков - центры витков располагаются по окружности радиуса a относительно оси таза, а витки смещены относительно друг друга на величину $S_л$ (рис. 1.1.28).

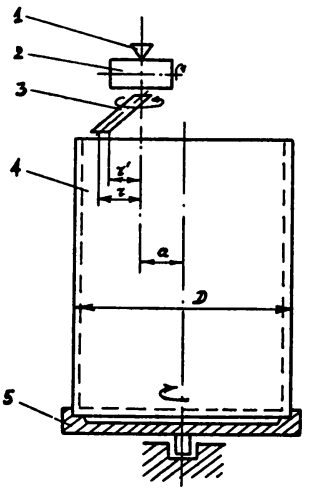


Рис. 1.1.28. Схема лентоукладчика

Ватка прочеса, снимаемая со съемного барабана, формируется в ленту, которая уплотняется плющильными валиками чесальной машины и поступает в лентоукладчик. Через воронку *1*, пару плющильных валиков *2*, наклонный направляющий канал *3* верхней тарелки (на схеме не показана) лента укладывается в таз *4*, установленный на нижней тарелке *5* лентоукладчика. Верхняя и нижняя тарелки вращаются или в противоположных направлениях (встречное движение тарелок), или в одном (попутное движение тарелок) с разной частотой.

В зависимости от величин a и r различают два способа укладки ленты в таз: витки ленты перекрывают центр таза (рис. 1.1.29, *а*); витки ленты укладываются до центра таза (рис. 1.1.29; *б*). Первый способ укладки применяют преимущественно на машинах с тазом диаметром $D \le 450$ мм, а второй - диаметром $D = 500 \div 1000$ мм.

При первом способе укладывается большая длина ленты, чем при втором. На процесс укладки и на вместимость таза существенно влияет размер внутреннего отверстия d_0, образуемого витками в центре таза. В середине таза витки укладываются гораздо плотнее, чем по краям, поэтому при малом размере d_0 в середине таза образуется центральная горка, а по краям седловина, вследствие чего значительно теряется полезный объем таза. Для обеспечения максимальной вместимости ленты в тазу институт Шерли (Великобритания) рекомендует устанавливать размер $d_0 = 0{,}25\ D$. Используя это соотношение, можно определить основные конструктивные параметры лентоукладчика.

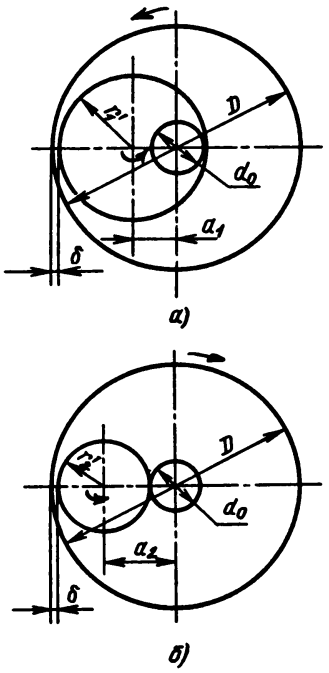


Рис. 1.1.29. Схема укладки ленты в таз

При первом способе укладки

$$r_1' = 0{,}5(0{,}625D - \delta);\quad a_1 = 0{,}5(0{,}375D - \delta),$$

а при втором способе

$$r_2' = 0{,}5(0{,}375D - \delta);\quad a_2 = 0{,}5(0{,}625D - \delta),$$

где r' - расстояние от оси вращения верхней тарелки до точки выхода ленты из наклонного направляющего канала; δ - зазор между лентой и тазом, необходимый для свободного извлечения ленты из таза (обычно $\delta = 4 \div 5$ мм).

Следовательно, $r_1' = a_2$; $a_1 = r_2'$.

Укладка ленты в таз витками, смещенными относительно друг друга, предотвращает спутывание ленты в тазу и облегчает ее извлечение на последующем переходе. Для получения максимальной плотности укладки ленты скорости нижней и верхней тарелок должны быть рассчитаны так, чтобы витки смещались относительно друг друга по окружности радиуса a на толщину ленты $d_л$. Так как машины, оснащенные лентоукладчиками, предназначены для выработки полупродукта, линейная плотность которого может быть изменена в соответствии с технологическими требованиями в определенном диапазоне, смещение нижней тарелки за один оборот верхней рассчитывают обычно по средней линейной плотности, а изменения последней учитывают с помощью коэффициента перекрытия β, который может быть меньше или больше 1, т.е. смещение $S_л = d_л / \beta$.

Время одного оборота верхней тарелки

$$t = 2\pi / \omega_1, \qquad (1.1.14)$$

где ω_1 - угловая скорость верхней тарелки.

За это время нижняя тарелка должна сместиться по дуге радиуса a на величину $S_л$. При окружной скорости нижней тарелки $v_2 = \omega_2 a$ время смещения

$$t = \frac{d_л}{\beta \omega_2 a}. \qquad (1.1.15)$$

Из (1.1.14) и (1.1.15) находим искомое передаточное число передачи между верхней и нижней тарелками

$$i = 2\pi a \beta / d_л.$$

Диаметр $d_л$ ленты можно определить, зная линейную плотность T ленты (текс) и ее плотность ρ (кг/м^3):

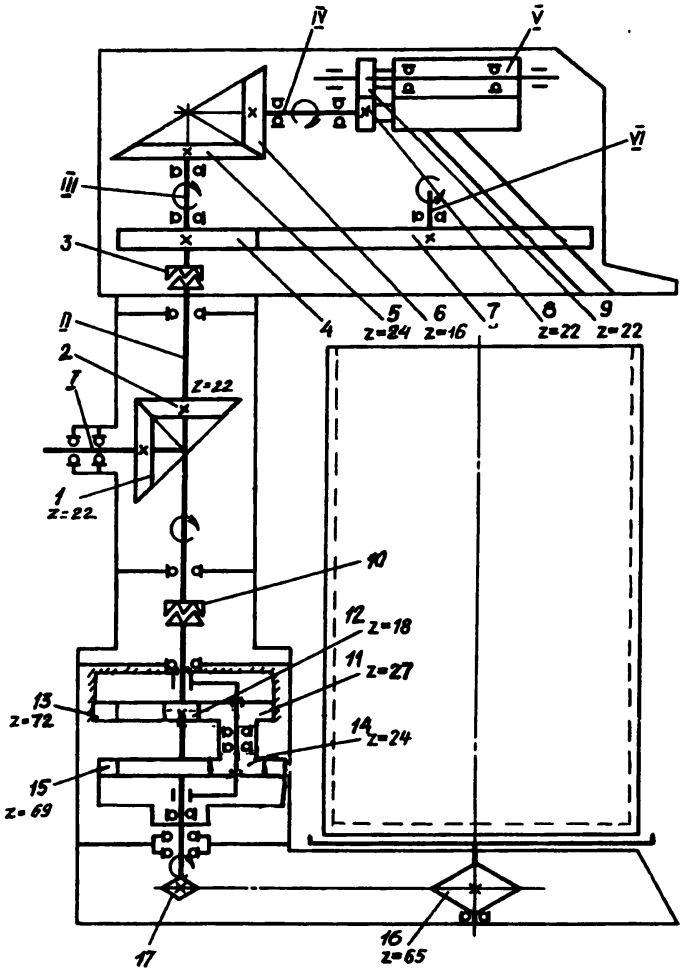


Рис. 1.1.30. Кинематическая схема лентоукладчика

$$d_л = 2 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{T}{\pi\rho}}.$$

Обычно $\rho = 18 \div 20$ кг / м^3.
Тогда

$$i = 5560 a\beta \sqrt{\rho / T}.$$

На рис. 1.1.30 приведена кинематическая схема унифицированного лентоукладчика. Лентоукладчик соединяется с чесальной машиной через муфту. При этом движение передается валу *I*, с которого через коническую передачу *1*, *2* вращение передается валу *II*, соединенному с механизмами головки и основания кулачковыми муфтами *3*, *10*. В головке лентоукладчика с вала *III* вращательное движение передается плющильным валикам через зубчатые колеса *5*, *6*, *8*, *9* и верхней тарелке через зубчатые колеса *4* и *7*. В основании лентоукладчика вращательное движение нижней тарелке передается через планетарный редуктор, содержащий зубчатые колеса *11* - *15* и через цепную передачу *16*, *17*. Данная схема позволяет изменять соотношение скоростей нижней и верхней тарелок путем замены звездочки *17*. Также путем замены зубчатых колес *4* и *7* можно изменять соотношение скоростей верхней тарелки и плющильных валиков. Компактность данной кинематической схемы обеспечивается введением планетарного редуктора. В некоторых моделях чесальных машин (ЧМ-50, ЧМ-10) в передаче движения к нижней тарелке применена червячная передача с большим передаточным числом. На ленточных машинах для хлопка (ЛА 54-500М и др.) привод к нижней тарелке осуществляется от индивидуального электродвигателя через ременную передачу, червячный редуктор и цепную передачу со сменными звездочками.

В хлопкопрядении наибольшее распространение получили ленточукладчики со встречным движением тарелок. В этом случае лента укладывается в таз по удлиненной эпициклоиде с координатами:

$$X = a\cos\varphi + r'\cos(i+1)\varphi;$$
$$Y = a\sin\varphi + r'\sin(i+1)\varphi, \qquad (1.1.16)$$

где φ - угол поворота нижней тарелки.

При попутном движении тарелок

$$X = a\cos\varphi + r'\cos(i-1)\varphi;$$
$$Y = a\sin\varphi - r'\sin(i-1)\varphi, \qquad (1.1.17)$$

и лента укладывается по удлиненной гипоциклоиде.

Скорость v укладки ленты в таз - величина переменная. При встречном движении тарелок

$$v = 60a\omega_2\sqrt{1+2\lambda\cos i\varphi+\lambda^2}, \qquad (1.1.18)$$

где $\lambda = \frac{r'}{a}(i+1)$.

Максимальная скорость укладки ленты

$$v_{max} = 60a\omega_2(\lambda + 1) \text{ при } i\varphi = 0°,$$

а минимальная

$$v_{min} = 60a\omega_2(\lambda - 1) \text{ при } i\varphi = 180°. \qquad (1.1.19)$$

Изменение скорости укладки приводит к появлению в ленте периодической неровноты, существенно проявляющейся при неправильной увязке скорости плющильных валиков с частотой вращения верхней тарелки. Особенно нежелательна пульсация скорости в ленточукладчиках ленточных и гребнечесальных машин, что связано с большой степенью распрямленности волокон в ленте (после гребнечесания коэффициент распрямленности волокон более 0,8) и, следовательно, с ее высокой чувствительностью к натяжению (вытягиванию).

Скорость выпуска ленты на чесальных, а особенно на ленточных машинах для хлопка достаточно большая (на ленточной машине Л-44 менее 800 м/мин), поэтому все современные чесальные и ленточные машины оснащены установками для автоматической смены тазов. На ленточных машинах второго перехода (Л2-50-220 и Л2-50-220У), предназначенных для питания лентой пневмомеханических прядильных машин, укладка ленты осуществляется в тазы малого диаметра (220 мм) высотой 900 мм. Без уплотнения масса ленты в таком тазу составляет всего 3 кг, а при наличии уплотнителя (машина Л2-50-220У) масса увеличивается до 6 ÷ 7 кг.

Уплотненная укладка ленты в таз обеспечивается путем регулирования скорости опускания подвижного дна таза с помощью гибкого штока, опускание которого осуществляется от привода нижних тарелок. Для быстрого отвода подвижного дна, в случае необходимости, на машине имеется индивидуальный привод.

Вытяжные приборы. Волокнистая лента подвергается многократному сложению и вытягиванию в вытяжном приборе. В результате сложений происходит дополнительное смешивание волокон и выравнивание продукта по толщине. Простейшим является двухцилиндровый вытяжной прибор с двумя ведущими цилиндрами *I* и *II* (рис. 1.1.31) и нажимными валиками *1* и *2*. Волокнистый материал зажат между цилиндрами и валиками (вытяжными парами), имеющими равные окружные скорости.

Кинематическая вытяжка λ - отношение конечной скорости v_1 к первоначальной скорости v_2 вытягиваемого продукта: $\lambda = v_1 / v_2$. Технологическая вытяжка - отношение начальной линейной плотности T_2 (текс) к конечной плотности T_1 вытягиваемого продукта: $\lambda = T_2 / T_1$.

Волокна, движущиеся в вытяжных устройствах, делятся на контролируемые и плавающие. У контролируемых волокон концы всегда находятся в зажиме одной из вытяжных пар. Плавающие волокна находятся в зоне между вытяжными парами. Концы плавающих волокон не зажаты ни одной из пар. Движение этих волокон определяется их механической связью с другими движущимися волокнами и носит случайный характер. Плавающие волокна являются источником возникновения неровности выходящего продукта по толщине.

Вытяжные устройства делятся на цилиндровые с гребенным полем и на одно- и двухремешковые. Вытяжные приборы бывают одно-, двух- и многовыпускными. Одно- и двухвыпускные применяют на ленточных машинах, многовыпускные - на ровничных и кольцепрядильных машинах, а цилиндровые - в основном на ленточных машинах для хлопка (рис. 1.1.32).

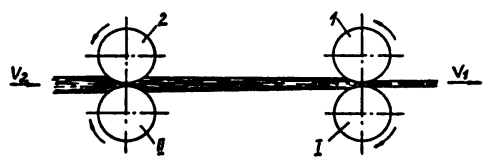


Рис. 1.1.31. Технологическая схема двухцилиндрового вытяжного прибора

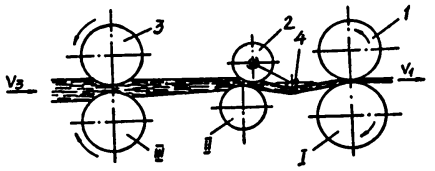


Рис. 1.1.32. Технологическая схема вытяжного прибора ленточной машины:
I - III - рифленые цилиндры;
1 - 3 - нажимные валики с эластичными покрытиями;
4 - контролирующий пруток

Наибольшее распространение получили вытяжные приборы с контролирующим прутком (планкой). Пруток предназначен для создания дополнительного поля сил трения между волокнами, движущимися со скоростью средней пары, уменьшающего число плавающих волокон в основной зоне вытягивания между выпускным и средним цилиндрами. Они выполняются по схеме три на три (три нажимных валика и три цилиндра), четыре на три, три на четыре, пять на четыре и т.д. Появилась тенденция использовать вытяжные приборы с наклонной и вертикальной технологическими линиями.

Натуральные длинноволокнистые материалы - шерсть, лен, отходы шелка - значительно различаются по длине даже в одной партии смеси. Поэтому в зоне вытягивания оказывается много неконтролируемых (плавающих) волокон. Для обеспечения контроля за их движением между цилиндрами ленточных машин (иногда и ровничных, и кольцепрядильных) располагают подвижное гребенное поле различной плотности (число игл на единицу площади) и конфигурации. Скорость гребенного поля берется на 2 ÷ 3 % больше $v_{пит}$ (на ленточных машинах для шерсти может быть несколько меньше скорости питания). Вытяжка $\lambda = 6 \div 14$ на ленточных машинах и $\lambda = 4 \div 14$ на машинах для льна. Под гребенным полем подразумевают различные устройства с игольчатой гарнитурой, расположенные в зоне вытягивания и предназначенные для контроля за движением волокон.

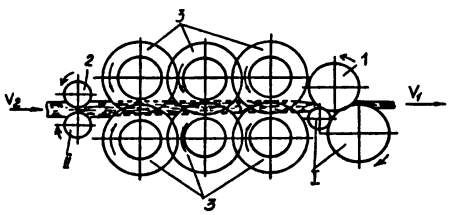


Рис. 1.1.33. Технологическая схема вытяжного прибора с гребенными барабанчиками:
I, II - выпускные и питающие цилиндры;
1, 2 - нажимные валики; *3* - гребенные барабанчики

В качестве гребенного поля при переработке химических волокон иногда применяют гребенные барабанчики (рис. 1.1.33). При переработке шерсти, льна и отходов шелка преимущественно используют гребенные поля с плоскими и круглыми гребнями. Наилучшими технологическими показателями обладают гребенные механизмы с плоскими гребнями (рис. 1.1.34) и червячным приводом гребней. Гребни *4* (гребенные планки) перемещаются по полозкам - направляющим *3* в поле вытягивания двумя рабочими червяками *5* с постоянной скоростью $v_{гр}$. В конце рабочего хода гребенная планка кулачками опускается из рабочей зоны в холостую и холостыми червяками возвращается к началу рабочей зоны. В рабочую зону планка поднимается также кулачками. В момент подъема и опускания планка испытывает удар, в результате чего работа этих механизмов сопровождается большим шумом.

В машинах для переработки шерсти используют два гребенных поля (двухпольные машины): верхнее и нижнее. Это позволяет создать высокую плотность гребенного поля и усилить контроль за плавающими волокнами. Для повышения скорости выпуска (производительности) ленточных машин используют многозаходные червяки. Наибольшее распространение получили двухзаходные червячные механизмы. Они позволяют получить скорость выпуска на 70 ÷ 75 % больше, чем при однозаходных червячных механизмах при той же частоте вращения червяков.

Для подъема и опускания гребенных планок *2* используют кулачки *1* (рис. 1.1.35), рабочие участки которых описываются обычно либо одним, либо двумя и, редко, тремя радиусами окружности *r*. Сила, действующая на кулачок со стороны планки в момент удара,

$$P = \frac{2v_д}{l}\sqrt{EJq} + \frac{G}{2}\left(\frac{a}{g} \pm 1\right) + T,$$

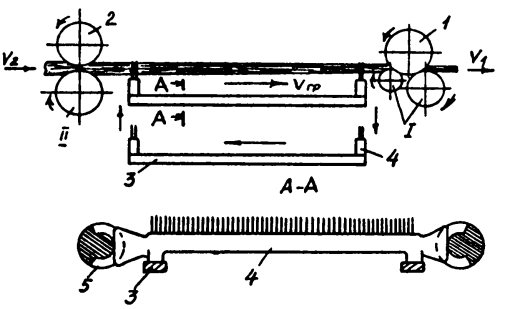


Рис. 1.1.34. Технологическая схема вытяжного прибора с плоскими гребнями:
I, II - выпускные и питающие цилиндры;
1, 2 - нажимные валики; *3* - полозок - направляющая;
4 - плоский гребень; *5* - червяки

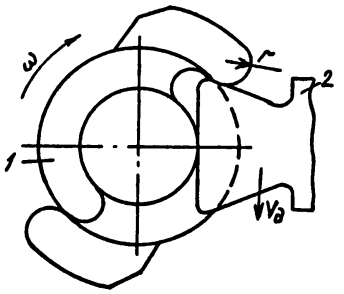


Рис. 1.1.35. Кулачок опускания подъема гребенной планки

где $v_д$ - скорость движения гребенной планки в момент удара; EJ - изгибная жесткость сечения гребенной планки; q - масса единицы длины гребенной планки; G - сила тяжести гребенной планки; a - ускорение гребенной планки; g - ускорение свободного падения; T - сила трения в направляющих; l - длина гребенной планки.

По данным Л. Н. Иванова, $v_д$ = (1,25 + 1,35) v_A (v_A - скорость гребенной планки до удара).

Кроме червячных механизмов используют механизмы с цепным приводом гребней. Они более скоростные, практически бесшумные, но технологические показатели их хуже, чем червячных гребенных механизмов. При входе гребней в рабочую зону и выходе из нее горизонтальная скорость гребней снижается, что ухудшает условия вытягивания и качество продукта. Поэтому эти машины используют на первых стадиях (переходах) обработки шерстяных лент. На последних переходах применяют только червячные гребенные механизмы.

Одно- и двухремешковые приборы (рис. 1.1.36 и 1.1.37) применяют на ровничных и кольцепрядильных машинах как в хлопкопрядении, так и в шерстопрядении, а также при переработке химических волокон и их смесей с натуральными. Ремешки движутся со скоростью предыдущей пары и предназначены для создания дополнительного поля сил трения и снижения доли плавающих волокон в основной зоне вытягивания.

Рифление поверхности цилиндров предназначено для надежного зажима волокон. Рифли нанесены не на всей поверхности цилиндров, а только там, где проходит волокнистый материал. Так, у рифленых цилиндров для ровничных и кольцепрядильных машин (многовыпускные машины) на одном цилиндре имеется несколько рифленых участков - тумбочек. Во избежание быстрого изнашивания и случайных повреждений рифленая поверхность цилиндров подвергается закалке. Шаг рифлей на

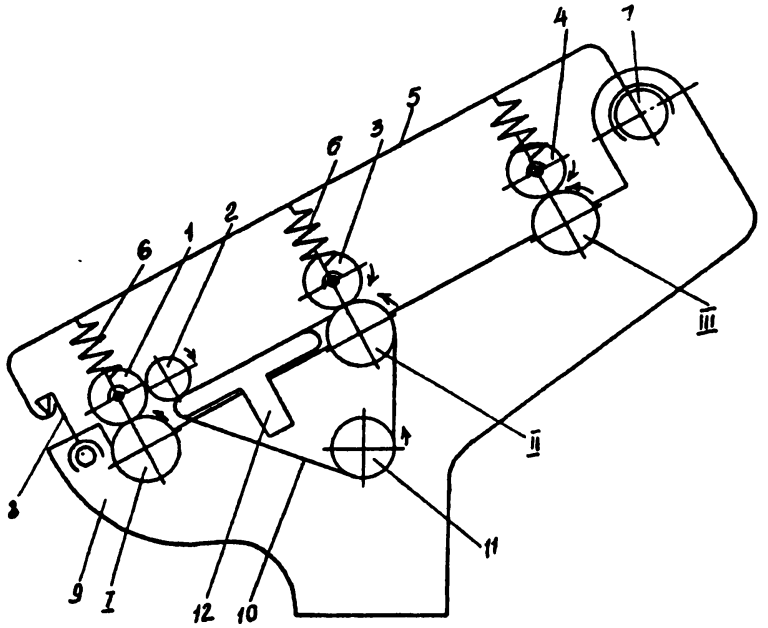


Рис. 1.1.36. Технологическая схема одноремешкового вытяжного прибора:
1, 3, 4 - нажимные валики; *2* - контролирующий валик; *5* - рычаг нагрузки; *6* - пружина нагружения; *7* - прутковый вал; *8* - крючок; *9* - цилиндровая стойка; *10* - ремешок; *11* - натяжной ролик; *12* - направляющий столик; *I - III* - рифленые цилиндры

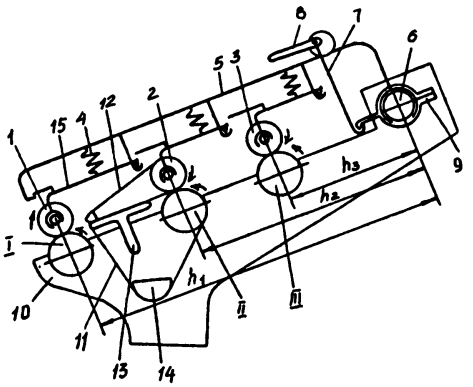


Рис. 1.1.37. Технологическая схема двухремешкового вытяжного прибора:
1 - 3 - нажимные валики; *4* - пружины нагружения; *5* - рычаг нагрузки; *6* - прутковый вал; *7* - тяга; *8* - рукоятка; *9* - крючок; *10* - цилиндровая стойка; *11* - длинный ремешок; *12* - короткий ремешок; *13* - направляющий столик; *14* - планка натяжного устройства; *15* - седелки; *I - III* - рифленые цилиндры

цилиндрах одинаковый, что позволяет получать рифленую поверхность методом холодного накатывания. При мокром прядении льна цилиндры можно изготовлять из коррозионно-стойких сталей или выполнять сборными. В последнем случае рифленые тумбочки из коррозионно-стойких материалов напрессовывают на гладкий цилиндр, на который затем наносят антикоррозионное покрытие.

На ровничных и кольцепрядильных машинах вытяжные приборы расположенны в линию. Для уменьшения биения собранной линии резьбовые концы *4* секционных цилиндров *2* и отверстия имеют цилиндрические направляющие участки *1* и *3* (рис. 1.1.38). Конструкция и требования по точности выполнения элементов стандартизованы. Шаг между цилиндровыми стойками равен длине секции. В связи с невысокими технологическими нагрузками расчет звеньев на прочность практически не проводят. Для уменьшения

Рис. 1.1.38. Звено рифленого цилиндра

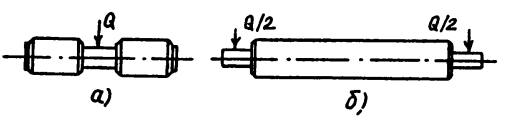


Рис. 1.1.39. Нажимные валики

нагрузок в элементах привода и улучшения условий эксплуатации вытяжных приборов рифленые цилиндры устанавливают на подшипники качения.

Нагрузочные устройства, действующие на нажимные валики, создают зажимное усилие в вытяжной паре. Нагрузка создается пружинным, реже пневматическим, гидравлическим или другим устройством. Чаще всего нагрузочные устройства размещают в рычагах. Различают нагрузочные устройства плунжерные и маятниковые. В плунжерных системах нагрузка Q от пружины (пневмо- или гидроцилиндра) непосредственно передается на шейку (рис. 1.1.39, *а*) или цапфу (рис. 1.1.39, *б*) нажимного валика.

Трехцилиндровый вытяжной прибор с навесной плунжерной системой нагрузки и передним силовым замыканием приведен на рис. 1.1.36. Нагрузка на прибор передается поворотом рычага *5* на валу *7* с помощью крючка *8*, расположенного в передней части (выпускной) вытяжного прибора.

В вытяжных приборах кольцепрядильных машин для хлопка наибольшее распространение получили навесные маятниковые системы нагрузки с силовым замыканием (см. рис. 1.1.37). Заданная нагрузка обеспечивается цилиндрическими пружинами *4*, которые через седелки *15* прижимают нажимные валики к цилиндрам *I - III*. Сжатие пружин обеспечивается рычагом *5* с помощью тяги *7* и рукоятки *8*. Общую нагрузку на нажимной валик можно менять с помощью поворота крючка *9* вокруг оси пруткового вала *6*. На вал *6* действуют значительные крутящие моменты и изгибающие силы, вызывающие прогиб, закручивание вала и снижение заданной нагрузки на нажимной валик, которые можно рассчитать, определив наибольший угол φ_2 закручивания вала в сечении крепления рычага *2* (рис. 1.1.40) от моментов M, приложенных в местах расположения рычагов *1* и *3*, и прогиб пруткового вала в том же сечении от суммарной технологической нагрузки $P = \sum_{j=1}^{n} P_j$.

Формулы для определения φ_2 и y_2 следующие:

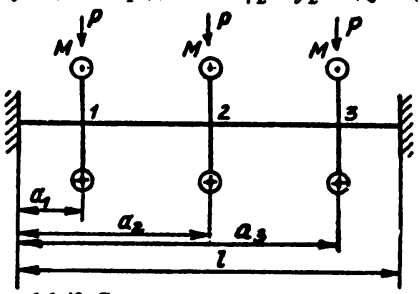


Рис. 1.1.40. Схема нагружения пруткового вала

$$\varphi_2 = \frac{2\sum_{j=1}^{n} P_j h_j}{GJ_p l} a_1 a_2;$$

$$y_2 = \frac{2\sum_{j=1}^{n} P_j}{6EJl}\left[a_1 a_3 (l + a_3) a_2 - a_3 a_2^3 + k(a_2 - a_1)^3\right],$$

где $J_p = 0{,}1\, d^4$; $J = 0{,}05\, d^4$; $G = 78{,}48 \cdot 10^9$ Па; $E = 2{,}06 \cdot 10^{11}$ Па; d - диаметр вала; n - число линий рифленых цилиндров в вытяжном приборе.

Перемещение оси нажимного валика первой линии

$$y_1 = \varphi_2 h_1 + y_2.$$

Если система нагрузки плунжерная, ее снижение

$$\Delta P_I = K_I y_I,$$

где K_I - жесткость пружины нагружения первой линии вытяжного прибора.

Если система нагрузки маятниковая, то (рис. 1.1.41)

$$\Delta P_I = K_I \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 y_I.$$

Если $\Delta P_I > 0{,}05\, P_I$ (где P_I - технологически заданная нагрузка), то жесткость пруткового вала следует увеличить.

Крутильные механизмы (веретена) предназначены для скручивания волокон или нитей с целью придания вырабатываемому продукту круга в поперечном сечении. При этом продукт непрерывно движется вдоль своей оси. Скручиваемый продукт либо наматывается, либо сматывается с нитеносителя, установленного на вращающемся шпинделе веретена.

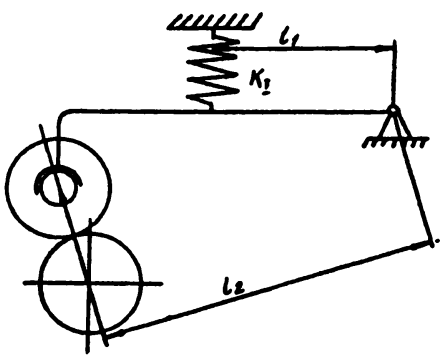


Рис. 1.1.41. Схема передачи нагрузки на нажимной валик

Шпиндель вращается в подшипниках, размещенных в корпусе веретена. При рабочей частоте вращения он не должен иметь амплитуду колебаний больше нормативной, должен быть достаточно жестким, чтобы при надевании или снятии с него нитеносителя в нем не возникла остаточная деформация. Шпиндели веретен обычно изготовляют из шарикоподшипниковой хромистой стали (на кольцепрядильных, кольцекрутильных и бескольцевых крутильных машинах) или из высокоуглеродистой инструментальной стали (на ровничных машинах). Опорами веретена называют совокупность звеньев, воспринимающих нагрузку со стороны вращающегося шпинделя и передающих ее неподвижной части машины. Опоры веретена включают:

подшипники (в том числе и подпятник, несущий радиальную и осевую нагрузки), непосредственно воспринимающие нагрузки со стороны шпинделя;

упругие элементы, допускающие определенную подвижность подшипников относительно корпуса (гнезда) веретена и создающие восстанавливающие силы и моменты;

демпфирующие устройства для интенсивного гашения вынужденных колебаний в зоне критических скоростей и собственных колебаний, возникающих в процессе работы;

гнездо для соединения указанных выше частей и элементов и для размещения смазочной жидкости;

приспособления и устройства для внешней амортизации гнезда, уменьшения нагрузок, передаваемых на веретенный брус машины, нагрузок на подшипники и уровня шума.

По конструктивному признаку опоры шпинделя могут быть трех типов: раздельные, нераздельные и полураздельные. У раздельных один из подшипников может перемещаться относительно другого в плоскости перпендикулярной к оси вращения шпинделя (в частном случае каждая из опор может быть жестко закреплена в гнезде). У нераздельных обе опоры шпинделя неподвижно и соосно закреплены в одной жесткой втулке, установленной в гнезде. У полураздельных одна из опор (обычно нижняя) может перемещаться относительно другой, но обе опоры монтируют в одной деформируемой втулке, размещенной в гнезде.

Веретена разделяют на веретена кольцевых и крутильных машин для производства нитей из натуральных и химических волокон и веретена крутильных машин для бескольцевого и кольцевого кручения химических и стеклянных нитей. Веретена без поворотного кронштейна (рис. 1.1.42) крепятся к веретенному брусу *4* машины либо жестко, либо с помощью амортизаторов. Веретена с поворотным кронштейном *4* (рис. 1.1.43) крепятся в нем жестко или упруго.

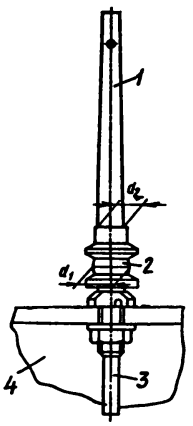


Рис. 1.1.42. Веретено с укороченным шпинделем и алюминиевой насадкой типа ВН:
1 - насадка; *2* - блочок; *3* - гнездо; *4* - веретенный брус

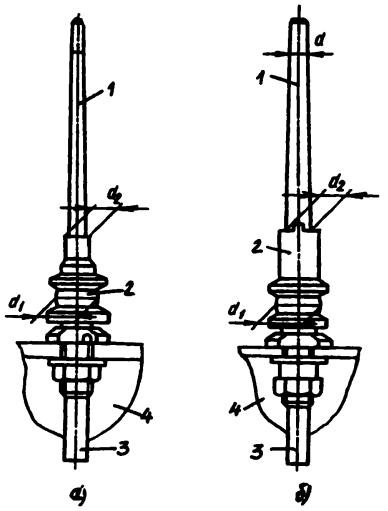


Рис. 1.1.44. Веретено под шпулю:
а - типа В; *б* - типа ВК;
1 - шпиндель веретена; *2* - блочек; *3* - гнездо веретена; *4* - веретенный брус

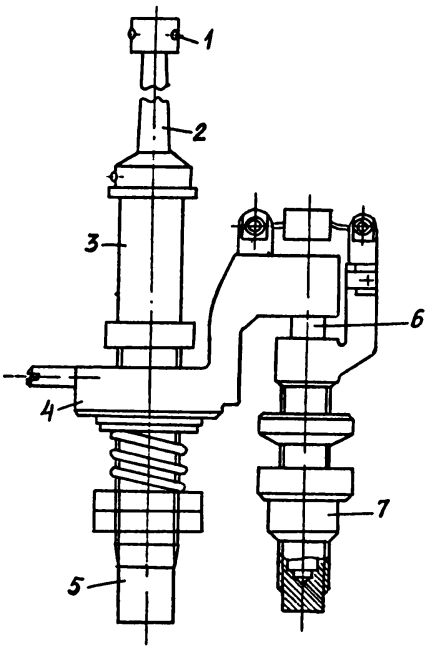


Рис. 1.1.43. Крутильное веретено с поворотным кронштейном:
1 - насадка; *2* - шпиндель; *3* - блочек; *4* - поворотный кронштейн; *5* - гнездо; *6* - ось поворотного кронштейна; *7* - неподвижный кронштейн

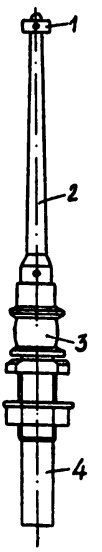


Рис. 1.1.45. Веретено типа ВН:
1 - насадка; *2* - шпиндель веретена; *3* - блочек; *4* - гнездо

Веретено содержит вращающийся шпиндель с насаженными на нем деталями, посадочная часть которого определяется видом нитеносителя, с которым работает веретено. По этому признаку шпиндели большинства веретен можно разделить на два вида: шпиндель *1* гладкий под уточную или основную шпулю, под катушку, под патрон (рис. 1.1.44, *а, б*); шпиндель *1* с насадкой *2* под патрон (рис. 1.1.42, 1.1.43, 1.1.45). Привод веретен осуществляется через гибкую связь, реже через зубчатую передачу и индивидуальный электродвигатель (электроверетено).

Веретена с неподвижным шпинделем и вращающейся насадкой составляют незначительную долю от перечисленных выше типов.

Наиболее распространены веретена с укороченным шпинделем и конической насадкой (типа ВН) из алюминиевого сплава. На насадку надевают конические патроны (нитеносители), на которые наматывается (или сматывается) пряжа или нить. Шпиндель опирается на подпятник и роликовый подшипник, размещенные в одной втулке. Втулку выполняют упругой (полураздельные опоры), а верхней частью жестко закрепляют в гнезде веретена. В нижней части между втулкой и гнездом размещают демпфирующее устройство. В гнездо заливают масло, обеспечивающее смазку опор шпинделя и работу демпфера. Нижняя часть шпинделя выполнена конической. Конус нижней части шпинделя подобран так, что он осуществляет в процессе вращения местную циркулирующую смазку верхнего подшипника.

Частота вращения крутильных механизмов (1 + 100) 10^3, веретена (1 + 30) 10^3, а крутильных механизмов машин безверетенного прядения (25 + 100) 10^3 мин$^{-1}$. Веретена обычно работают в зоне между первой и второй собственной частотой изгибных колебаний шпинделя. Поэтому для оценки правильности выбранных конструктивных параметров определяют собственные частоты изгибных колебаний шпинделя. Податливостью втулки при жестком креплении гнезда на веретенном брусе и наличии демпфера в первом приближении можно пренебречь. Действительная собственная частота изгибных колебаний шпинделя (собственная частота) с упругой втулкой и демпфером находится между первыми собственными частотами, подсчитанными с учетом податливости втулки без демпфера и без учета податливости втулки. Чем больше сопротивление демпфера, тем ближе действительная первая собственная частота шпинделя к его собственной частоте на жестких опорах.

Собственные частоты невесомого гибкого шпинделя (вала) с тяжелой недеформируемой насадкой (рис. 1.1.46) определяют по приближенной (массой шпинделя пренебрегли) формуле

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{A \pm \sqrt{A^2 + 4mBH}}{-2mBH},$$

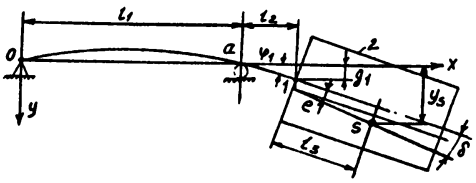


Рис. 1.1.46. Расчетная схема невесомого шпинделя с тяжелой насадкой

где $A = m\left(\delta_{11} + 2\delta_{12} l_s + \delta_{22} l_s^2\right) - \delta_{22} B$;

$H = \delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2$; $B = \theta_0 - \theta_э$; m - масса насадки; θ_0 - момент инерции (динамический момент) массы насадки *2* относительно главной центральной оси инерции, параллельной оси вращения (при полностью уравновешенной насадке эта ось совпадает с осью вращения); $\theta_э$ - то же, относительно главной центральной оси инерции насадки, перпендикулярной к чертежу; δ_{11} - коэффициент влияния, числено равный прогибу сечения *1* шпинделя от единичной силы, приложенной там же; $\delta_{12} = \delta_{21}$ - коэффициенты влияния, числено равные соответственно прогибу сечения шпинделя *1* от единичного момента или углу поворота от единичной силы, приложенных там же; δ_{22} - коэффициент влияния, числено равный углу поворота сечения *1* шпинделя от единичного момента, приложенного там же.

Коэффициенты влияния шпинделей (рис. 1.1.47) находят по формулам:

$$\delta_{11} = \frac{l_2^3}{0{,}15\,E\,d_3^3\,d_4} + A_1\,l_2^2;$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{l_2^2\left(d_3 + 2d_4\right)}{0{,}3\,E\,d_3^3\,d_4^2} + A_1\,l_2;$$

$$\delta_{22} = \frac{l_2\left(d_3^2 + d_3 d_4 + d_4^2\right)}{0{,}15\,E\,d_3^3\,d_4^3} + A_1,$$

где $A_1 = \dfrac{l_1}{0{,}15E\,d_1\,d_2^3}$; E - модуль упругости первого рода.

Первая собственная частота ω_1 определяется с погрешностью, не превышающей 10 %, а вторая ω_2 может значительно отличаться от действительной.

Для веретен типа В (или ВН с гладким шпинделем, см рис. 1.1.45) первая собственная частота шпинделя

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{m_1\delta_{11}}},$$

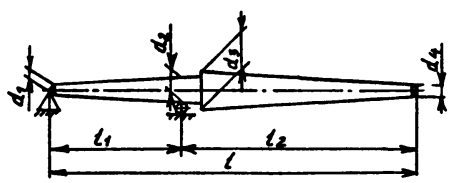


Рис. 1.1.47. Шпиндель веретена типа В

где m_1 = 0,313 m_2 для веретена типа В и m_1 =0,313 m_2 + $m_н$ для веретена типа ВН; m_2 - масса консольной части шпинделя; $m_н$ - масса насадки, закрепленной на конце шпинделя веретена типа ВН; δ_{11} - коэффициент влияния на конце шпинделя веретена типа В и в середине насадки для веретена типа ВН.

В машинах пневмомеханического прядения в качестве крутильного органа используется валик *3* с камерой *4* и приводным блочком *1* (рис. 1.1.48). Частота вращения крутильного органа достигает $60 \cdot 10^3$ мин$^{-1}$. У крутильных механизмов с большой частотой вращения в качестве блочка используется свободный конец валика. Если корпус *2* подшипникового узла установлен жестко, то первая собственная частота валика приближенно определяется из двух частных схем: невесомый валик *3* с блочком *1* (без камеры); невесомый валик *3* с камерой *4* (без блочка). Первые собственные частоты ω_{11} и ω_{12} для обеих схем рассчитывают по формуле, приведенной выше. Первую собственную частоту ω_1 валика с блочком и камерой находят из выражения

$$\omega_1^{-2} = \omega_{11}^{-2} + \omega_{12}^{-2}.$$

В некоторых конструкциях крутильных механизмов с целью снижения нагрузок в опорах и облегчения перехода через резонанс опоры выполняются упругими. Для приближенного определения их собственных частот необходимо к коэффициентам влияния шпинделя на жестких опорах добавить соответствующие коэффициенты, учитывающие податливость опор (рис. 1.1.49):

$$\delta'_{11} = l^2 / l_1^2 K_B;\ \delta''_{11} = l_2^2 / l_1^2 K_A;$$

$$\delta'_{12} = l / l_1^2 K_B;\ \delta''_{12} = l_2 / l_1^2 K_A;$$

$$\delta'_{22} = 1 / l_1^2 K_B;\ \delta''_{22} = 1 / l_1^2 K_A,$$

где K_B и K_A - жесткость опор шпинделя крутильного механизма.

Далее решение ведется по тем же формулам, что и для жестких опор. Для оценки нагрузок, действующих в опорах шпинделя на рабочей частоте вращения ω ($\omega_1 < \omega < \omega_2$) из-за наличия известных статической e и динамической δ (моментной) неуравновешенностей

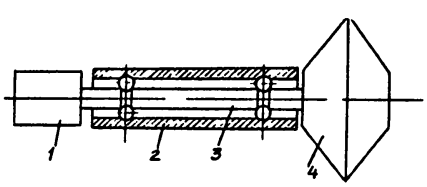


Рис. 1.1.48. Крутильный механизм

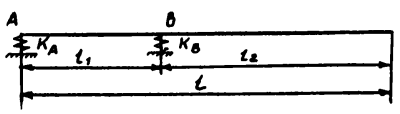


Рис. 1.1.49. Шпиндель на упругих опорах

насадки, находят деформации шпинделя в сечении *1* (см. рис. 1.1.46):

$$y_1 = \frac{1}{\Delta}\left(\left(a_{1s} + HB\omega^2\right)me + \left(a_{1s}ml_s - B\delta_{12}\right)\delta\right)\omega^2;$$

$$\varphi_1 = \frac{1}{\Delta}\left(b_{1s}me + \left(b_{1s}ml_s - \left(\delta_{22} - Hm\omega^2\right)B\right)\delta\right)\omega^2,$$

где $a_{1s} = \delta_{11} + l_s\,\delta_{12}$; $b_{1s} = \delta_{21} + l_s\,\delta_{22}$; δ - угол наклона главной центральной оси инерции насадки к оси недеформированного шпинделя; e - эксцентриситет центра тяжести насадки относительно той же оси; Δ = = - $m\,B\,H\,\omega^4$ - (m ($\delta_{11} + 2\delta_{12}l_s + \delta_{22}l_s^2$) - - $\delta_{22}\,B$) $\omega^2 + 1$.

Силу P_1 и момент M_1, приложенные в сечении *1* шпинделя, определяют по формулам:

$$P_1 = m\,\omega^2\,(y_1 + e + (\varphi_1 + \delta)\,l_s);$$

$$M_1 = (m\,(y_1 + e)\,l_s - (\theta_0 - \theta'_э)\,(\varphi_1 + \delta))\omega^2,$$

где $\theta'_э = \theta_э + m\,l_s^2$.

Зная силу P_1 и момент M_1, можно найти максимальные реакции в опорах шпинделя веретена.

Мотальные механизмы. Их назначение - наматывание нити по рабочей длине нитеносителя и формирование выходных паковок заданной формы и структуры (рис. 1.1.50). В общем случае (рис. 1.1.51) уравнение наматывания имеет вид

$$dy = v_1 y' dt \Big/ \sqrt{(x')^2 + (y')^2 + (z')^2},$$

где v_1 - скорость наматывания нити; x, y, z - координаты точки M наматывания; x', y', z' - производные координат по углу φ_1 поворота тела намотки.

При наматывании нити на цилиндрический нитеноситель (рис. 1.1.52, *а*) с постоянной скоростью

$$y = v_1 h t \Big/ \sqrt{4\pi^2 r^2 + h^2} = v_1\, t \sin\beta;$$

$$v = v_1 h \Big/ \sqrt{4\pi^2 r^2 + h^2} = v_1 \sin\beta,$$

где y - перемещение; v - скорость точки наматывания вдоль оси нитеносителя; h - шаг наматываемой спирали; $h = \pi D \mathrm{tg}\beta$ = $=\pi v D / \sqrt{v_1^2 - v^2}$; D - диаметр тела намотки.

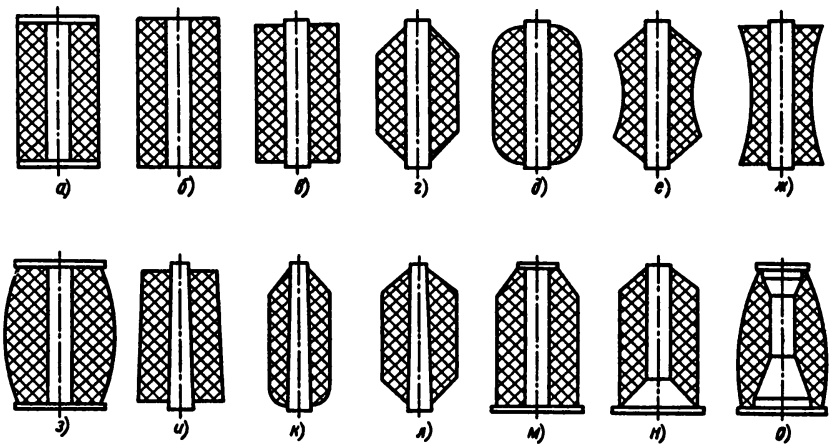


Рис. 1.1.50. Форма паковок:
а - в - простейшие цилиндрические; *г* - цилиндрическая с двумя конусами; *д* - цилиндрическая со сферическими торцами; *е, ж* - седлообразная; *з* - бочкообразная; *и* - коническая; *к - о* - при теле намотки сложной формы

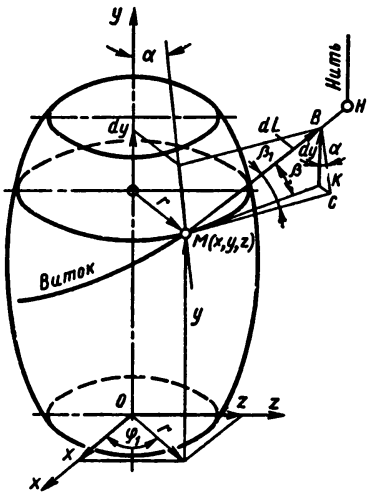


Рис. 1.1.51. Общая схема наматывания
(α - угол между осью вращения и касательной к образующей тела намотки в точке *M*; β_1 - угол между касательной к витку и касательной к контуру трансверсального сечения в точке *M*)

При наматывании нити на коническое тело (размеры рис. 1.1.52, *б*)

$$y = \frac{R_0}{\operatorname{tg}\alpha} - \sqrt{\frac{R_0^2}{\operatorname{tg}^2\alpha} - \frac{c\,t}{\operatorname{tg}\alpha}};\quad v = \frac{c}{2\left(R_0 - y\operatorname{tg}\alpha\right)};$$

$$a = \frac{c^2\operatorname{tg}\alpha}{4\left(R_0 - y\operatorname{tg}\alpha\right)^3};\quad c = v_1 h / \pi,$$

где a - ускорение точки наматывания.

Расчет параметров паковок и мотальных механизмов. При конической намотке на кольцевых машинах закон перемещений нитеводителя неодинаков при наработке различных участков паковок. При переработке на автоматических челночных ткацких станках паковка имеет резерв *1*, гнездо *3*, ствол *2* и подмот *4* (рис. 1.1.53).

Резерв наматывается в начале формирования паковки на нижнюю часть нитеносителя на длине 10 ÷ 15 мм и расходуется в момент смены сработанной паковки на ткацком станке. Длина нити в резерве 5 ÷ 10 мм и определяется в основном заправочной шириной станка.

Гнездо паковки ($H_г$ - высота) нарабатывается для уменьшения времени наматывания на нитеноситель малого диаметра (при максимальном натяжении нити), рационального использования полезного объема и паковки и служит как основание - база тела намотки. При постоянной частоте вращения мотального кулачка длина нити во всех слоях паковки одинакова. При этом высота первого слоя $H_{г1}$ на 20 ÷ 25 % меньше высоты $H_{гп}$ последнего слоя ($H_{г1} < H_{г2} < H_{г3} < \ldots < H_{гп}$).

Подмот наматывается внизу (5 - 12 витков) при быстром возвращении нитеводителя в исходное положение. При надевании пустого нитеносителя на шпиндель веретена нить зажимается на шпинделе. Диаметр паковки (рис. 1.1.54) $2R_0 = D_0 = D_к - 2\Delta$, где Δ = 1,5 ÷ 2 мм - зазор между паковкой и кольцом; $D_к$ - диаметр кольца.

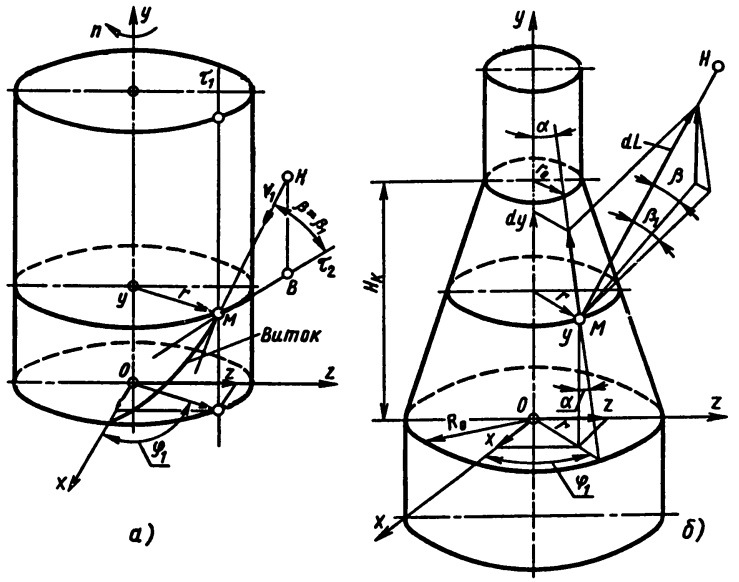


Рис. 1.1.52. Схема наматывания нити на нитеноситель:
а - цилиндрический; *б* - конический

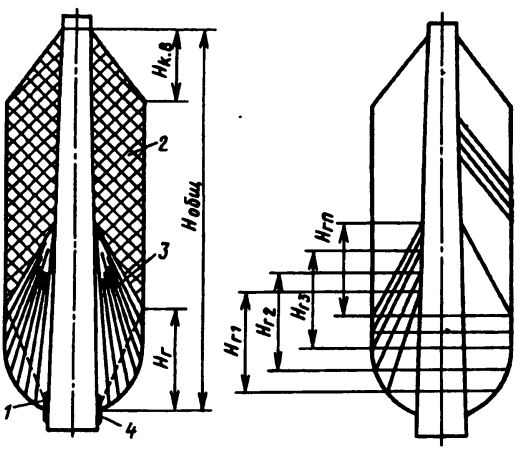


Рис. 1.1.53. Схема строения початка (паковки)

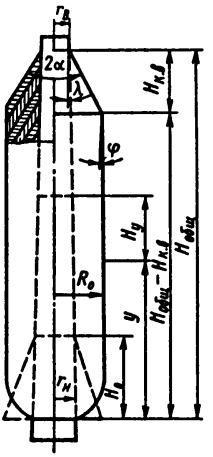


Рис. 1.1.54. Схема строения початка при наматывании на кольцепрядильных машинах с применением конической шпули

Высота верхнего конуса паковки $H_{к.в} = (R_0 - r_в)\,\mathrm{tg}\alpha$, где r - радиус нитеносителя у вершины паковки; $\alpha \le \mathrm{arctg}\, f$ - угол верхнего конуса; f - коэффициент трения сцепления между наматываемой нитью и телом намотки.

Кинематические схемы мотальных механизмов для конической намотки и расчет их параметров. Рычажно-цепные механизмы имеют ряд особенностей (рис. 1.1.55):

по мере периодического смещения от храпового механизма изменяется закон перемещений и размах нитеводителя;

изменение перемещений нитеводителя носит нелинейный характер и по мере наматывания нити может привести к отклонению высоты конуса и диаметра паковки от заданных значений;

за счет разных длин плеч балансира *20* и двух ветвей тяговой цепи (гибкой связи) обеспечивается разгрузка мотального рычага *7* и

мотального кулачка *б*; нагрузка на мотальный кулачок изменяется по мере периодического смещения нитеводителя вверх;

габаритные размеры машины по высоте увеличиваются с возрастанием общей высоты намотки и при прочих равных условиях больше, чем при применении мотального механизма с гибкой связью;

механизмы более сложны в изготовлении и наладке.

Мотальные механизмы с передачей движения нитеводителю с помощью гибких связей (рис. 1.1.56) имеют следующие особенности:

закон перемещения нитеводителя не изменяется;

нагрузка на мотальный кулачок не меняется;

механизм относительно прост и не увеличивает габаритные размеры машины по высоте.

Основные принципы построения математического описания и алгоритмов анализа и синтеза мотальных механизмов. При разработке математических моделей мотальных механизмов целесообразно рассматривать их кинематические схемы как системы, состоящие из двух подсистем.

В первую включается часть кинематической схемы от ступени большего диаметра (ведущего звена) двухступенчатого блока до нитеводителя или колонки кольцевых планок. Механизмы перемещения нитеводителей, баллоноограничителей и другие устройства рассматриваются как подсистемы более низкого ранга. Вторая подсистема включает кулачковый механизм, гибкую связь и ступень меньшего диаметра двухступенчатого блока (ведущее звено - мотальный кулачок). Механизмы укорочения цепи, образования гнезда паковки, устройства для опускания нитеводителя и другие рассматриваются как подсистемы более низкого ранга.

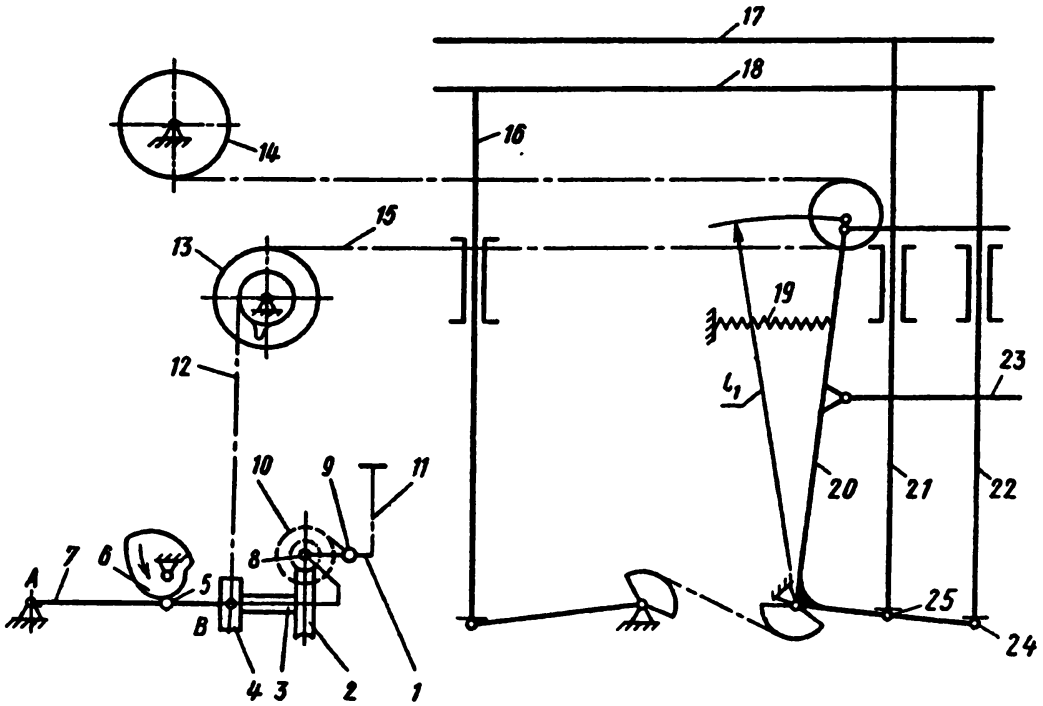


Рис. 1.1.55. Кинематическая схема мотального механизма кольцепрядильных машин с передачей движения кольцевым планкам при помощи качающихся рычажных балансиров:
1 - рычаг; *2* - червячное колесо; *3* - втулка; *4*, *14* - блоки;
5, *24*, *25* - ролики; *6* - кулачок; *7* - мотальный рычаг; *8* - червяк;
9 - собачка; *10* - храповое колесо; *11*, *12*, *15* - цепи;
13 - двухступенчатый блок; *16*, *21*, *22* - колонки;
17 - угольник нитенаправителей; *18* - кольцевая планка;
19 - уравновешивающая пружина; *20* - балансир; *23* - тяга

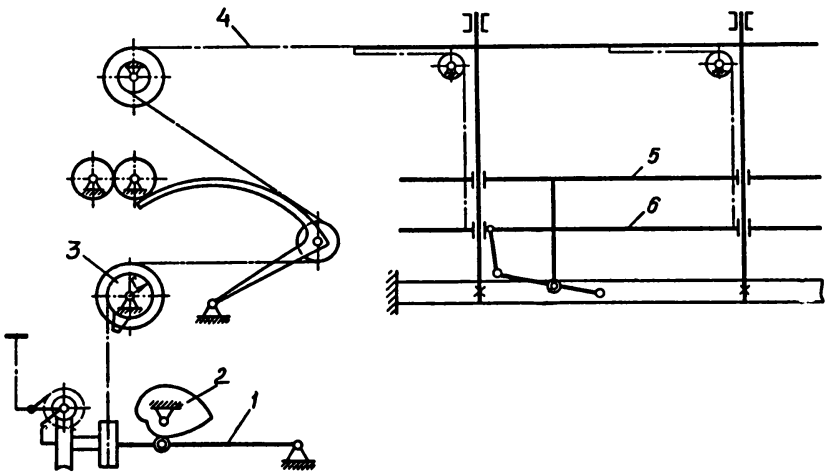


Рис. 1.1.56. Кинематическая схема мотального механизма кольцепрядильных машин с передачей движения кольцевым планкам с помощью гибких связей:
1 - мотальный рычаг; *2* - мотальный кулачок; *3* - двухступенчатый блок; *4* - гибкая связь (цепь); *5* - баллоноограничители; *6* - нитеводитель (кольцевая планка)

Математическая модель кинематической схемы мотального механизма с подъемом нитеводителя гибкими связями (рис. 1.1.57). С учетом действия механизма укорочения цепи, который смещает нитеводитель между циклами (за поворот мотального кулачка), при допущении, что точка B конца мотального рычага перемещается по траектории, близкой к отрезку прямой, математическая модель может быть представлена в виде

$$y_i = \left(B_0' B_к' + \sum_{i=1}^{n} \Delta l \right) R / R_2,$$

где $i = 1, 2, \ldots, n$ - номер цикла (оборота кулачка); y - перемещение нитеводителя относительно его начального положения; Δl - укорочение цепи за оборот мотального кулачка; $B_0' B_к' = H_к R_2 / R$; $H_к$ - заданная высота верхнего конуса паковки.

Модель является детерминированной и линейной относительно номера i цикла и угла φ_i поворота мотального кулачка $\left[\left(B_0' B_к' \right) = f\left(\varphi_i \right) \right]$ и с большой точностью описывает кинематическую схему.

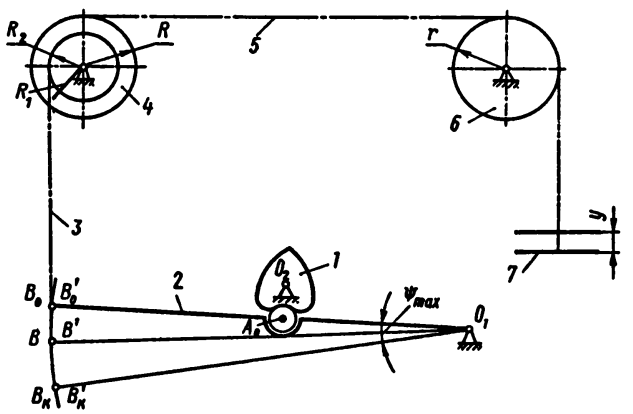


Рис. 1.1.57. Расчетная схема мотального механизма с подъемом кольцевых планок гибкими связями:
1 - мотальный кулачок; *2* - мотальный рычаг; *3, 5* - гибкие связи; *4* - двухступенчатый блок; *6* - направляющий блок; 7 - нитеводители (кольцевая планка)

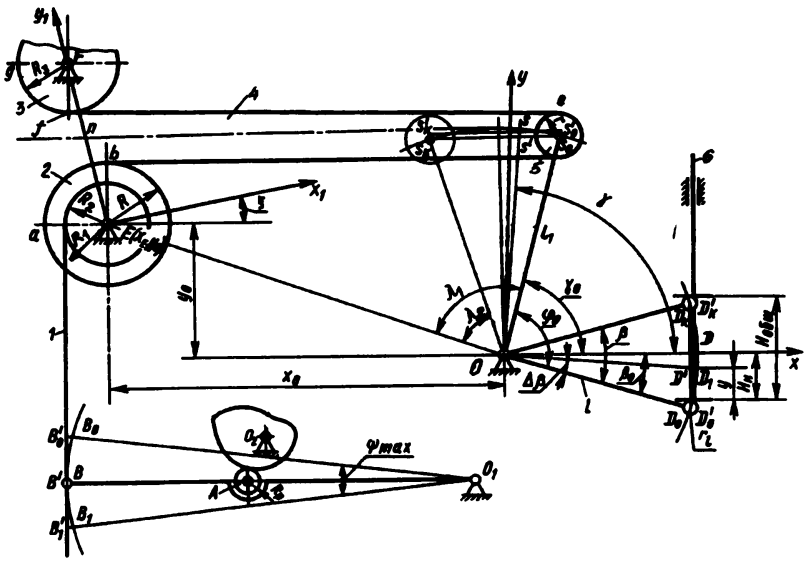


Рис. 1.1.58. Расчетная схема рычажно-цепного мотального механизма с двумя ветвями ведущей гибкой связи:
1 - тяговая цепь; *2* - двухступенчатый блок; *3, 5* - ролики; *4* - цепь; *6* - колонка

Математическая модель кинематической схемы мотального механизма рычажно-цепного типа с двумя ветвями ведущей гибкой связи (рис. 1.1.58). Модель I (первого порядка сложности) кинематической схемы мотального механизма строится при аппроксимации дуг окружностей $B_0 B_к$, $S_0 S_к$ и $D_0 D_к$:

$$y_l = \frac{1}{2}\left(B_0' B_к' + \sum_{l=1}^{n} \Delta l \right) \frac{R l_1}{R_2 l}, \qquad (1.1.20)$$

где y_l - перемещение точки D от начального положения; Δl - укорочение гибкой связи *1* за один оборот (цикл) кулачка под действием храпового механизма; $B_0' B_к' = f(\varphi_1) = 2H_к R_2 l_1 / (R l)$; $H_к$ - высота конуса паковки; $i = 1, 2, \ldots, n$ - номер цикла; φ_1 - угол поворота мотального кулачка.

Модель I является детерминированной и линейной относительно параметров i и φ_1.

Для построения модели II (более высокого порядка сложности) необходимо найти в системе координат $x0y$ математические зависимости, связывающие все элементы первой подсистемы. Выражения для приближенного определения длины гибкой связи с большой степенью точности можно представить в виде

$$L_{пр} = bc + ef + \pi r, \qquad (1.1.21)$$

где $bc = \sqrt{(x_s - x_E)^2 + (y_s - k_1)^2}$; $ef = \sqrt{(x_s - x_F)^2 + (y_s - k_2)^2}$; $k_1 = r + y_E + R$; $k_2 = r - y_F + R_3$.

Используя эти выражения, можно получить уравнения для нахождения координат x_s, y_s оси направляющего ролика *5* при известной длине гибкой связи:

$$y_s = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4EC}}{2C}; \quad x_s = \pm\sqrt{l_1^2 - y_s^2},$$

где E, D, C - коэффициенты, значения которых определяются и зависят от соотношений геометрических параметров кинематической схемы.

Модель II на основе полученных выражений можно представить в следующем виде:

$$y_i^j = H_н + r_1 - l \sin\left[\varphi_0 - \operatorname{arctg}\left(y_{st}^j / x_{st}^j\right)\right],$$

где $i = 1, 2, \ldots, n$ - номер цикла (поворота кулачка); $j = 1, 2, \ldots, m$ - положение механизма, определяемое углом поворота кулачка; $H_н$ - положение башмака колонки кольцевой планки в начале наматывания ствола паковки; $\varphi_0 = \gamma_0 + \beta_0$ - угол между рычагами l_1 и l; $\beta_0 = \arcsin(H_н + r_1) / l$; r_1 - радиус ролика на нижнем рычаге.

Начальную длину гибкой связи L_0 можно найти, используя выражения (1.1.21), $L_0 = b\,c_0 + e\,f_0 + \pi\,r$. Координаты точки S_0 определяют по формулам: $\gamma = \gamma_0 = \varphi_0 - \beta_0$; $x_{S_0} = l_1 \cos\gamma_0$; $y_{S_0} = l_1 \sin\gamma_0$.

Модель II является детерминированной и нелинейной относительно своих параметров.

Модели кинематических схем (I и II) позволяют анализировать работу мотального механизма во всех фазах (в цикле, между циклами и т.д.) и на всех стадиях наматывания (гнездо, ствол и т.д.) паковки, а также сформулировать критерии проектирования и обеспечить выбор оптимальных параметров кинематической схемы мотального механизма при его изготовлении и установке на машине.

Алгоритмы расчета параметров кинематической схемы рычажно-цепного механизма. Искомыми параметрами при проектировании рычажно-цепного мотального механизма являются (см. рис. 1.1.58): O_1B - длина мотального рычага; O_1A - длина коромысла; $R_р$ - радиус ролика кулачкового коромысла; R_0 - начальный радиус мотального кулачка; $L = O_1O_2$ - расстояние между осями вращения коромысла и мотального кулачка; ψ_{max} - максимальный угол поворота мотального рычага; R_2 и R - радиусы ведущей и ведомой ступеней блока *2*; R_1 - длина пальца механизма образования гнезда початка; R_3 - радиус блока *3*; r - радиус направляющего блока; $h = y_0$ - расстояние от оси вращения блока *2* до горизонтали; EF - расстояние между осями блоков; l и l_1 - длины рычагов балансира; γ_0 - угол между рычагом длиной l_1 и осью ox в начале наработки початка; $H_н$ - ордината башмака колонки кольцевой планки в начале намотки.

В первом приближении эти параметры целесообразно выбирать по габаритным и конструктивным ограничениям и условному допущению постоянства передаточного отношения от мотального кулачка к кольцевым планкам. При этом $h > 300 \div 400$ мм; $r > 30$ мм. Радиусы R, R_2 и R_3 определяют из условия размещения на блоках определенных отрезков гибкой связи, необходимых для соответствующих перемещений кольцевой планки. При выборе координат оси вращения блока *2* необходимо учитывать следующие рекомендации: $EF \approx R + R_3 + 2r$. Длина мотального рычага выбирается на основании соотношений $O_1B \geq (6 \div 7)\,E$; $O_1A > 5\,E$, где E - эксцентриситет мотального кулачка (в мотальных механизмах современных машин $E = 40 \div 50$ мм).

Длина нижнего рычага балансира $l = H_{общ} / \left[2\sin(20° \div 24°)\right]$, где $H_{общ}$ - общая высота паковки.

Обычно принимают длину $l_1 \approx l$, а затем уточняют. В первом приближении начальное положение башмака $H_н = 0{,}5\,H_{общ}$. Угол φ_0 между рычагами балансира в первом приближении принимают $\pi / 2$. Тогда

$$\gamma_0 = \varphi_0 - \arcsin\left[(H_н + r_1) / l\right],$$

где r_1 - радиус ролика.

Угол ψ_{max} зависит от разности $E = r_{max} - r_0$, r_{max} и r_0 - соответственно максимальный и минимальный радиусы-векторы кулачка:

$$\psi_{max} = 2\arcsin\frac{E}{2\,O_1A}.$$

Наибольшее влияние на изменение размаха нитеводителя за один оборот мотального кулачка оказывают параметры γ_0, $H_н$, l_1. Исходя из требований компенсации конусности нитеносителя при наматывании паковки, эти параметры целесообразно определять, используя методы нелинейного программирования. В этом случае задача нелинейного программирования сводится к определению переменных γ_0, $H_н$, l_1, при которых критерий оптимальности (по Чебышеву) имеет экстремальное значение:

$$K = \max\left|w(y)\left[H_y(y) - H_д(y)\right]\right|,$$

где $w(y)$ - весовая или штрафная функция; y - смещение рассматриваемого конуса от начала наматывания; $H_y(y)$ - необходимое перемещение (размах) кольцевой планки за один оборот кулачка; $H_д(y)$ - действительное перемещение кольцевой планки.

Необходимый размах $H_y(y)$ за один оборот кулачка в рассматриваемом положении на оси початка определяется выражением (1.1.20).

Таким образом, общий алгоритм проектирования мотального механизма с учетом компенсации конусности нитеносителя включает подпрограммы расчетов:

параметров мотальных механизмов в первом приближении;

угла отклонения вертикального рычага балансира от горизонтали при известной длине гибкой связи;

координат центра направляющего блока вертикального рычага при известной длине гибкой связи;

длины гибкой связи при известном угле отклонения от горизонтали вертикального рычага;

критериев оптимальности для данных значений измеряемых параметров механизма и реализации программы оптимизации, в которой осуществляется поиск минимума целевой функции.

Синтез кулачкового механизма, входящего в качестве подсистемы в мотальный механизм кольцепрядильных машин. Для кулачкового механизма с роликовым коромыслом, входящего в мотальный механизм (рис. 1.1.59), должны выполняться следующие требования:

закон перемещения коромысла $s = f_l(t)$ или $s = f_l(\varphi)$ (где s - перемещения; t - время; φ - угол поворота кулачка) следует считать заданным и определять точно исходя из необходимого перемещения кольцевой планки;

фазовые углы при повороте мотального кулачка (Φ_1 и Φ_2 - фазовые углы при подъеме и опускании кольцевой планки соответственно) $\Phi_1 + \Phi_2 = 2\pi$; $\Phi_1 / \Phi_2 = t_п / t_0$, где $t_п$ и t_0 - время подъема и опускания кольцевой планки; верхний и нижний выстой коромысла должны отсутствовать, так как подъем и опускание происходят непрерывно;

минимальный радиус рабочего профиля кулачка $r_{ст}$ следует определять при известных радиусе вала, на котором должен закрепляться кулачок, и предполагаемом материале кулачка на основании известных рекомендаций;

максимальные углы давления при подъеме и опускании ведомого звена являются заданными характеристиками и их выбирают в зависимости от конструктивных размеров, действующих сил, точности и качества обработки поверхности, материала, условий смазывания и заданной долговечности; от углов давления зависит реакция в направляющих; максимальный угол давления рекомендуется выбирать в пределах 30 - 45°;

минимальный радиус $R_р$ ролика следует выбирать исходя из условий прочности, размеров оси ролика или требований унификации;

направление вращения кулачка принимается за положительное, когда при подъеме коромысла кулачок и коромысло вращаются в одну сторону.

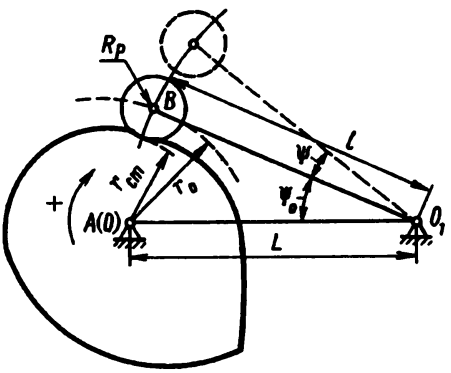


Рис. 1.1.59. Схема плоского кулачкового механизма с роликовым коромыслом

Независимыми параметрами, подлежащими определению при синтезе рассматриваемого кулачкового механизма, являются: r_0 - начальный радиус теоретического профиля; l - длина коромысла (L - межцентровое расстояние от оси A(O) вращения кулачка до оси O поворота коромысла); $b\ b_1$ - длина линии контакта ролика и кулачка. На основании этих параметров легко определить остальные.

За критерий оптимальности кинематической схемы кулачкового механизма наиболее часто принимают начальный радиус r_0 теоретического профиля. Закон перемещений коромысла (мотального рычага) необходимо определять исходя из условий воспроизведения ведомым звеном (кольцевой планкой) заданного перемещения с определенной точностью. Для расчета радиусов-векторов профиля мотального кулачка целесообразно использовать стандартные процедуры и программы.

1.1.7. АЭРОДИНАМИКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН

Определенным типам машин текстильного производства свойственны характерные технологические воздушные потоки. Они осуществляют перемещение волокнистого материала в технологических зонах машин, участвуют в процессах очистки волокон, трепания, чесания, отводят пылепуховые и сорные примеси, тепловыделения, пробрасывают уточную нить при пневмоткачестве. В группе машин приготовительно-прядильного производства (включая чесальные машины) преобладают потоки, сопутствующие вращению рабочих органов - барабанов. Для прядильных машин характерны потоки всасывающих, собирающих многоточечных коллекторов. В пневмоткачестве основными являются высокоскоростные струйные течения.

В текстильных машинах различают воздушные потоки: принудительные (от вентилятора, компрессора) и сопутствующие (например, вызванные вращением барабана); транзитные (проходящие через машину) и вторичные (циркуляция в полостях); технологические, содержащие волокнистый материал, и аспирационные, отводящие загрязнения, теплоту. Помимо ламинарных потоков в малых зазорах с гарнитурой барабанов преобладают турбулентные течения.

Основные аэродинамические характеристики машин: расход воздуха, поступающий в машину $Q_п$, м^3 / ч, отводимый технологический Q_0, м^3 / ч, отводимый аспирационный

Q_a, м^3 / ч; давление подводимого воздуха p, Па.

Воздушные потоки (течения) вращающихся барабанов. Их разделяют на циркуляционные (от обечайки) и торцовые. Вращение цилиндра без ограждения радиусом R_1 с частотой Ω возбуждает циркуляционные течения с максимальной скоростью воздуха у поверхности, $u_\tau = \pi R_1 n / 30$ или $u_\tau = \Omega R_1$ (где n - частота вращения, мин$^{-1}$). По радиусу r скорость убывает по зависимости $u_\tau = \Omega R_1^2 / r$, где $r > R_1$ (рис. 1.1.60, *а*). У поверхности скорость затухает интенсивно, а затем плавно. При ограниченной длине цилиндра (менее десяти диаметров) под влиянием торцовых воздушных потоков циркуляционное течение меняется на винтовое с движением воздуха от середины барабана к торцам, а в средней части барабана происходит приток воздуха из окружающей среды. В комбинации цилиндра с конусными торцами (початок на веретене) винтовые потоки направлены от торцов к середине веретена, образуя выброс круговой струи. Осевые составляющие скорости ослабляют окружное течение, в результате чего окружная скорость воздуха вблизи веретен $u_\tau = (\Omega R_1^2 / r)\ \alpha$, где $\alpha = 0{,}55 \div 0{,}1$ (большее значение для ворсистой и грубой пряжи, а меньшее - для тонкой и гладкой).

Размещение преграды вблизи образующей цилиндра (например, съемного ножа) приводит к срезанию вращающегося пограничного слоя (рис. 1.1.60, *б*). После преграды (в направлении вращения) вновь начинает формироваться пограничный слой и его толщина δ возрастает (по углу поворота) примерно до $\delta \approx R_1$ при повороте на π и до $\delta \approx 2R_1$ при повороте на 2π. Пограничный слой, набегающий на преграду, трансформируется в поток полуограниченной струи, направленной вдоль преграды от цилиндра. Нарастание толщины пограничного слоя происходит за счет его подпитки воздухом из окружающей среды по всему внешнему контуру пограничного слоя. Размещение любой детали вблизи вращающейся поверхности вызывает частичное или полное срезание пограничного слоя (в зависимости от формы детали и ее близости к цилиндру) с образованием струйного воздушного потока.

Ограждения вблизи вращающегося цилиндра экранируют пограничный слой от наружного пространства. Имеющиеся в ограждениях разрывы для ввода и вывода волокнистого материала служат источниками пополнения пограничного слоя, а начало ограждения срезает пограничный слой (рис. 1.1.60, *в*). Полное концентричное ограждение вокруг цилиндра определяет течение в зазоре толщиной $S = R_2 -$

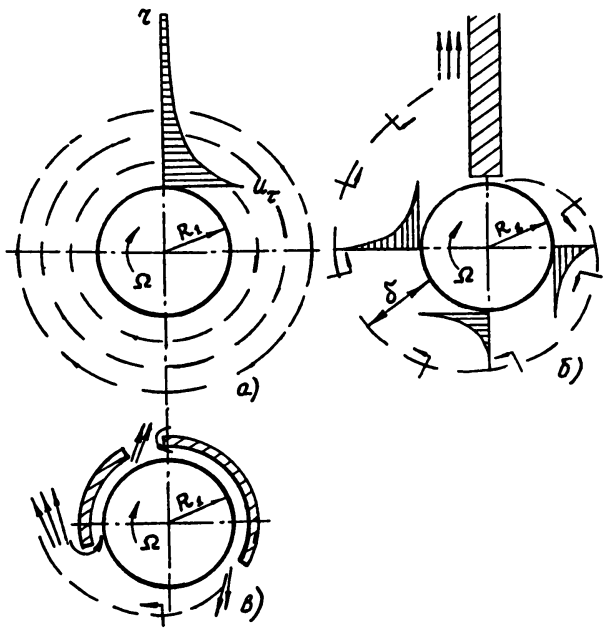


Рис. 1.1.60. Схемы течения воздуха вблизи вращающегося цилиндра:
а - в безграничном пространстве; *б* - с преградой; *в* - с разрывами в ограждении;
штриховая линия - внешний контур пограничного слоя

- R_1, где R_2 - радиус отверстия наружного цилиндра. Для устойчивого ламинарного течения в зазоре профиль скоростей определяется как $u_\tau = v_1 (R_2 - r) / S$, где $R_2 > r > R_1$.

Течение в зазоре между вращающимся внутренним и неподвижным наружным цилиндром неустойчиво и может сопровождаться вихрями Тэйлора. Устойчивость течения обеспечивается в ограниченной зоне параметров, определяемых безразмерным числом Тэйлора $\mathrm{Ta} = \frac{\Omega_1}{\nu} R^{1/2} S^{3/2}$. При Ta < 41,3 течение устойчивое ламинарное; при 41,3 < Ta < 400 - ламинарное с вихрями Тэйлора; при Ta>400 - турбулентное с вихрями. Наличие осевой компоненты скорости в зазоре увеличивает предел устойчивости течения. Вихри Тэйлора формируются также и при неполном ограждении менее π. Образование вихрей представляет опасность в чесальных машинах при высокой разъединенности волокон. Для оценки устойчивости течений в зазоре с внутренним цилиндром, покрытым пильчатой гарнитурой, вводят понятие фиктивной разводки $S_\Phi = S / 2K$ (табл. 1.1.1).

1.1.1. Коэффициент K для некоторых типов гарнитур

Тип гарнитуры	Шаг навивки, мм	Высота зуба, мм	K
ЦМП-1	1,8	2,65	0,23
ЦМП-0,8	1,8	2,65	0,25
Р-4000	1,3	2,15	0,28

Фиктивный радиус внутреннего барабана $R_\Phi = R_2 - S_\Phi$. Условие устойчивости течения в зазоре для барабана с гарнитурой $\mathrm{Ta} = \frac{\Omega_1}{\nu} R_\Phi^{1/2} S_\Phi^{3/2} \le 41{,}3$, откуда критическая частота вращения барабана $\Omega_{кр} = 41{,}3\ \nu / (R_\Phi^{1/2} S_\Phi^{3/2})$. Наличие волокон в зазоре способствует повышению предела устойчивости течения.

Торцовые течения. Вращающийся торец барабана (диск) является своеобразным вентилятором и формирует воздушные течения. Различают торцовые течения в безграничном пространстве (рис. 1.1.61, *а*) и с ограждением (рис. 1.1.61, *б*). Вращение торца радиусом R_1 вокруг оси z с частотой Ω_1 возбуждает образование двух течений: течения вдоль поверхности, называемого пограничным слоем, и течения подпитки, направленного нормально к торцу. С торца сбрасывается пограничный слой в форме круговой струи толщиной δ со скоростью u_1. Параметры течения рассчитывают в зависимости от характера течения в пограничном слое, определяемом по числу Рейнольдса $\mathrm{Re} = R_1 \Omega / \nu$. При $\mathrm{Re} < 1{,}8 \cdot 10^5$ течение ламинарное, при $\mathrm{Re} > 3 \cdot 10^5$ турбулентное, при $\mathrm{Re} = (1{,}8 + 3) \cdot 10^5$ режим течения переходный (табл. 1.1.2).

1.1.2. Параметры течения в зависимости от его режима

Режим течения	δ, м	Q, м³/с
Ламинарный	$3{,}71\sqrt{\nu/\Omega}$	$0{,}866\pi R_1^3 \mathrm{Re}^{-0{,}5}$
Турбулентный	$0{,}525 R_1 \mathrm{Re}^{-0{,}2}$	$0{,}219 R_1^3 \Omega \mathrm{Re}^{-0{,}2}$

Обозначения: Q - объемный расход воздуха в круговой струе на уровне радиуса R_1; ν - кинематическая вязкость воздуха.

Скорость струи u_1 определяют делением расхода струи на площадь ее сечения: $u_1 = Q / (2\pi R_1 \delta)$, а приточная скорость воздуха выразится как $u_2 = Q / (\pi R_1^2)$. Благодаря свойству эжекции сбрасываемая с торца струя подсасывает воздух из окружающего пространства с поверхности цилиндра. У чесальных машин эжекция торцовой струи главного барабана вызывает смещение прочеса от его середины к краям. Ликвидация этого явления заключается в минимизации зазора между торцом барабана и дугой шляпок.

Ограждение вблизи вращающегося торца изменяет характер течения (рис. 1.1.61, *б*). Между торцом и ограждением формируются два потока: вдоль торца от оси наружу и по ограждению извне к оси. Эти течения существуют при любом малом зазоре. Их наличием объясняется характерное для текстильных машин накапливание пылепуховых отложений в торцовых зазорах, что устраняется с помощью специальных продувочных каналов или спиральной канавки на поверхности торца.

Перфорированные поверхности и барабаны конденсеров. В машинах для разделения волокон, пуха, пыли и воздуха на поверхностях имеются круглые отверстия диаметром $d = 3 + 5$ мм, расположенные в шахматном порядке с шагом в ряду t_1 и расстоянием между рядами t_2. Отношение полезной площади ω_0 (суммарная площадь отверстий) ко всей ω, занимаемой перфорацией, называют относитель-

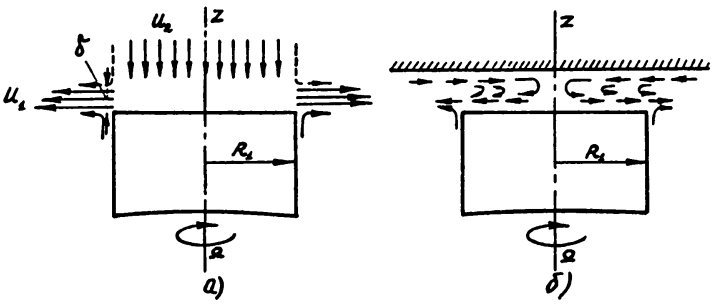


Рис. 1.1.61. Схемы течения воздуха вблизи вращающегося торца:
а - без ограждения; *б* - с ограждением

ной полезной площадью: $\bar{f} = \omega_0/\omega = z d^2/(4DL)$, где z - число отверстий, D и L - соответственно диаметр и длина барабана. Для поверхностей $\bar{f} = \pi d^2/(4t_1t_2)$, причем стремятся к наибольшему теоретически возможному значению $\bar{f} = 0{,}91$, когда края отверстий смыкаются; на практике достигают значений $\bar{f} = 0{,}5 \div 0{,}7$.

Скорость воздуха в отверстиях u_0 назначают из условия отсутствия деформации и втягивания волокон в отверстия. Критическую скорость воздуха, при которой наступают указанные нарушения, для хлопковых волокон определяют по зависимости $u_{кр} = 156\,[\exp(-0{,}88d)] + 6{,}3$, где $d = 1 \div 5$ мм. Не следует допускать значений $u_0 > 0{,}65u_{кр}$. Потерю давления при течении воздуха через неподвижную перфорированную поверхность определяют по зависимости $\Delta p = 0{,}5\xi\rho u_0^2/2$, где для практикуемых перфорированных поверхностей (отношение толщины листа к диаметру отверстия составляет $0{,}15 \div 0{,}3$) $\xi = 1{,}5 \div 2$ в условиях чисел Рейнольдса $Re = u_0 d/\nu > 10^3$. Меньшие значения ξ соответствуют скругленным входным кромкам отверстия, большие - заостренным.

Вращение барабана конденсера может повысить потерю давления до $\xi > 1000$, однако существуют условия, при которых сопротивление течению сохраняется близким к сопротивлению неподвижной поверхности, причем сопротивление зависит не от частоты вращения барабана, а от соотношения окружной скорости барабана v к суммарной скорости $c = \sqrt{u_0^2 + v^2}$, так что $\cos\beta = v / c$. При условии $\cos\beta < 0{,}5$ и соответственно $u_0 > 1{,}73v$ потери давления невелики и коэффициент сопротивления $\xi = \xi_0 + 0{,}866 \exp(6{,}87 \cos\beta)$. До значений $\cos\beta \le 0{,}25$ второй член можно не учитывать.

Пневмопрядильные машины (ППМ). Они имеют несколько самостоятельных и полузависимых пневмосистем. Пневмосистема прядильного блока обеспечивает пневмотранспорт разъединенных волокон к формирующе-крутильному органу (ФКО), очистку волокон и отвод загрязнений, отвод теплоты от ФКО, транспортировку нити к ФКО для присучивания пряжи. Тягу воздуха в блоке обеспечивает прядильный ротор чашеобразной формы, пропускающей более 2/3 необходимого расхода воздуха в пневмосистеме. На отечественных ППМ недостающий расход воздуха обеспечивается вентиляционными отверстиями, расположенными в нижнем пространстве ротора, в результате чего транзитный поток воздуха пересекает поверхность радиального участка пряжи в роторе, создавая пики дополнительного натяжения пряжи. В зарубежных ППМ преобладают схемы с "глухим" ротором (без вентиляционных отверстий), а дополнительный расход воздуха обеспечивается вентилятором, создающим разрежение в аспирационном коллекторе по всей длине машины. Последняя схема позволяет снизить аэродинамическую нагрузку на пряжу и замедлить накапливание сорнопылевых отложений в пряжеформирующем желобе ротора. Расходы воздуха прядильных блоков в функции противодавления в коллекторе для отечественных ППМ (Q, дм^3/с) составляют:

с блоком РЦ	$Q = 0{,}0877 \cdot 10^{-3}\, n \pm 0{,}067p$;
с блоком ЦЕ	$Q = 0{,}0668 \cdot 10^{-3}\, n \pm 0{,}127p$;
с блоком ЦЕ-2	Q на 5 - 7 % больше, чем у ЦЕ,

где n - частота вращения ротора; p - разрежение (знак +) или давление (знак -) в коллекторе в месте стыковки с ним блока.

Пневмосистема аспирационного коллектора (ПАК) собирает воздух от всех прядильных блоков и отводит в подпольный канал, где обеспечивается соответствующее разрежение централизованной системой отвода воздуха от группы машин. В зарубежных ППМ пневмосистема аспирационного коллектора оснащена индивидуальным вентилятором (на каждой машине), обеспечивающем сравнительно равномерное разрежение по длине коллектора.

Пневмосистема сороудаления (ПСС) независимая, отводит и транспортирует по коллектору выделенные из волокнистого материала на каждом прядильном блоке загрязнения в фильтр - соросборник на машине. ПСС оборудована вентилятором давлением 2,2 ÷ 2,5 кПа и расходом 700 ÷ 900 м^3/ч для блоков ЦЕ и 850 ÷ 1000 м^3/ч для блоков ЦЕ-2. На некоторых зарубежных машинах используют систему отвода загрязнений от прядильных блоков с помощью ленточного конвейера вдоль машины, а в торцовом шкафу отсасывают загрязнения с ленты, что позволяет существенно сократить воздухопотребление системы и снизить расход мощности.

Пневмосистема "третьей руки" обеспечивает захват и удаление нити в период смены паковки; выполнена в виде коллектора по всей длине машины с окнами напротив каждого прядильного блока, которые открываются на период проведения операции. Пневмосистема оборудована вентилятором высокого давления и малого расхода воздуха и фильтром-сборником.

Пневмосистема отвода тепловыделений от силовых шкафов у отечественных пневмопрядильных машин базируется на движении воздуха через жалюзи шкафа из атмосферы цеха вниз через отверстие в полу при разрежении в продольном канале, общем с системой аспирационного коллектора. Система охлаждения расточительна по обилию воздухопотребления из цеха (более 2 тыс. м^3/ч на машину) и имеет малую эффективность теплоотвода (менее 50 % тепловыделений).

Суммарное воздухопотребление пневмопрядильных машин складывается из расходов воздуха пневмосистем и достигает значений 4 ÷ 5 тыс. м^3/ч на одну машину, что вызывает необходимость оборудовать залы мощными установками для кондиционирования и очистки воздуха на 300 ÷ 600 тыс. м^3/ч. Проектирование машин должно проводиться с учетом имеющихся возможностей экономии воздухопотребления.

Пневмоткачество. Здесь используют струйные и напорные воздушные потоки для прокладки уточной нити. Различают пневматический способ, при котором нить прокладывается одной или несколькими последовательными струями на всю ширину ткани, и пневморапирный, когда нить движется потоком внутри трубок - рапир и передается из одной в другую при их сближении в средней части зева. Затем рапиры расходятся, освобождая пространство зева. Принципиальным недостатком обоих способов является раскручивание нити при прокладке, что определяет некоторые специальные требования к уточной нити (снижение крутки в прядении, запаривание или вылеживание пряжи).

Пневматический принцип прокладки реализован в десятках конструкций станков. Благодаря синтезу новейших достижений аэродинамики, механики и электроники он достиг значительного совершенства и высокой производительности. Скорость прокладывания нити 150 км/ч, частота прокидок 500 мин$^{-1}$, ширина ткани до 3 м.

Струйный воздушный поток обладает определенной компактностью, дальнобойностью и достаточным количеством движения для скоростного транспортирования уточной нити. Осевая скорость круглой свободной турбулентной струи воздуха u_x на основном участке уменьшается по мере удаления от сопла на расстояние x по зависимости (по В. Н. Талиеву) $u_x/u_0 = 12{,}4/(x/R)$, где u_0 и R - соответственно начальная скорость струи ($x = 0$) и радиус отверстия истечения соответственно. Вначале скорость воздуха убывает интенсивно, а затем плавно. Для поддержания скорости воздуха используют гребенчатый канал или конфузор на всей ширине бедра, что позволяет в несколько раз увеличить скорости воздуха в удаленной от сопла области. Струю формируют с помощью форсунки, преобразующей давление сжатого воздуха в скорость истечения.

Конструктивно форсунку выполняют в виде кольцевого конфузора, осевая область которого используется для размещения канала, пропускающего уточную нить. При перекрещивании нитей основы подачу воздуха прерывают в целях его экономии и сохранения нитей основы. Каждый новый цикл прокладки сопровождается подачей воздуха из форсунки; при этом закономерности формирующейся струи и стационарной близки. Увеличение длины прокладки утка (более 1 м) и повышения частоты циклов потребовало размещения дополнительных эстафетных сопл по пути движения нити, поддерживающих скорости воздуха в канале. Включение эстафетных сопл осуществляется последовательно по мере продвижения нити с помощью электронных следящих систем. В современных станках с эстафетными соплами используется бесконфузорная прокладка утка по открытому тоннельному каналу, выполненному непосредственно в зубьях берда.

Расчеты движения нити базируются на анализе соотношений скорости воздуха и нити

по отдельным участкам пути на основе зависимости

$$\frac{d(mv)}{dt} = \int_0^l \frac{1}{2}\pi d_п C_f \rho (u - v)^2 dx - \int_0^l F dx,$$

где m и v - соответственно масса и скорость нити; u - скорость воздуха на расстоянии x от сопла при длине участка l; $d_п$ и C_f - диаметр и коэффициент аэродинамического сопротивления нити; ρ - плотность воздуха; F - сила торможения нити (на единицу длины) в накопителе и нитепроводниках.

В начальный момент прокладки передний конец нити интенсивно разгоняется при максимальной скорости воздуха вблизи форсунки, а затем, по мере продвижения, поступает в область меньших скоростей воздуха. Поступающая в это время через форсунку нить также движется со значительным ускорением, она может даже "перегнать" передний конец, что вызовет ослабление натяжения нити и отклонение от оси канала. Условия благоприятного режима движения нити определяются на основе решения по участкам приведенного выше уравнения и задания закона выпуска нити из накопителя, обеспечивающего ее натяжение во всех фазах прокладки.

Пневморапирный принцип прокладки уточной нити разделяется на три фазы: разгон нити потоком воздуха в напорной рапире, перехват нити из напорной во всасывающую рапиру, движение во всасывающей рапире при продолжающемся "подталкивании" нити в напорной рапире. Наиболее сложным моментом прокладывания нити, обеспечивающим устойчивый процесс формирования ткани, является процесс передачи нити между рапирами. Помимо четких требований к механике движения рапир необходимо обеспечить аэродинамический перехват напорной струи воздуха, несущей нить, всасывающим факелом рапиры в момент их сближения. Эти условия таковы: $D_в \geq D_н + 0{,}345x$ и $Q_в \geq Q_н (1 + 0{,}345\, x / D_н)^2$, где $D_в$, $Q_в$ и $D_н$, $Q_н$ - соответственно диаметры и расходы воздуха всасывающей и напорной рапир; x - наименьшее расстояние между рапирами.

Четкое выполнение закона выпуска нити из накопителя для обеспечения ее натяжения должно сопровождаться еще одним требованием: к моменту сближения рапир конец нити не должен выступать из напорной рапиры.

Экономически эффективная эксплуатация пневморапирных станков может обеспечиваться при их централизованном воздухообеспечении и хорошем качестве очистки воздуха. В связи с загрязнением проточных каналов аэродинамические параметры работы станков значительно снижаются во времени из-за неудовлетворительной подготовки сжатого воздуха.

Глава 1.2

ТКАЦКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

1.2.1. МАШИНЫ ПРИГОТОВИТЕЛЬНО-ТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Машины приготовительного производства предназначены для формирования паковок основной и уточной пряжи, пригодных для переработки на ткацких машинах с наибольшей эффективностью. Паковка основной пряжи рулонного типа-навой получается путем перемотки нитей с прядильных паковок на основомотальных автоматах, сновальных и шлихтовальных машинах. Паковку уточной пряжи формируют либо путем перематывания нитей с прядильных паковок на основомотальных автоматах, либо непосредственно на прядильных или прядильно-мотальных агрегатах, либо на уточно-мотальных автоматах. К машинам приготовительного производства относятся также проборные полуавтоматы и автоматы, узловязальные машины, осуществляющие проборки нитей основы в технологическую оснастку ткацких машин и связывание нитей основы при смене навоя на ткацкой машине.

Основомотальные автоматы (ОМА) и уточно-перемоточные автоматы (УПА). Их основными механизмами являются: наматывающий, раскладывающий, контрольно-очистительный, натяжной, автоматизации технологического процесса, привода. На ОМА применяют наматывающий механизм фрикционного типа (цилиндрический или конический барабанчик), а раскладывающий безынерционного типа (замкнутая канавка на барабанчике - одновитковая или многовитковая). На УПА в основном устанавливают наматывающие механизмы с бесфрикционным приводом нитеносителя и инерционный раскладывающий механизм.

На большинстве ОМА, формирующих паковки конической формы, тело намотки приводится во вращение фрикционно-цилиндрическим мотальным барабанчиком. Частота вращения тела конической формы зависит от контактного радиуса этого тела

$$\rho = \sqrt{0{,}5\left(R^2 + r^2\right) + \left(M_c - J\varepsilon\right)\left(R - r\right) / \left(Pf\right)},$$

где R и r - соответственно большой и малый радиус конического тела; J - момент инерции вращающихся масс нитеносителя и намотанной нити; P - нормальная сила между телом намотки и цилиндрическим барабанчиком; M_c - момент сопротивления со стороны тела намотки; ε - угловое ускорение; f - коэффициент трения скольжения между телом намотки и барабанчиком.

При равномерном вращении тела намотки ($\varepsilon = 0$) и очень малых сопротивлениях ($M_c = 0$) $\rho = \sqrt{0{,}5\left(R^2 + r^2\right)}$, а по В. А. Гордееву $\rho = 0{,}5\,(R + r) + 5$ мм.

По размерам нитеносителя и паковки определяют геометрические и кинематические параметры механизма приклона, наматывающего и раскладывающего устройств. От способа получения заданной формы паковки зависят конструкции механизмов. Например, при формировании уточной паковки с конусами на концах используют дополнительный механизм для периодического смещения нитеводителя вдоль оси нитеносителя, а для получения конических паковок со сферическими торцами - механизм сферообразователя.

На ОМА наматывающие устройства формируют паковки двух видов - цилиндрическую при наматывании на цилиндрический нитеноситель и коническую при наматывании на конический нитеноситель. Цилиндрическая намотка характеризуется постоянным шагом витков в прослойке. Следовательно, при наматывании h = const; r = const; v = const (h - шаг витков в прослойке; r - радиус цилиндрического тела намотки; v - скорость наматывания).

Перемещение нитеводителя вдоль оси Y вращения нитеносителя

$$Y = \mathrm{v}\, t \sin\beta,$$

где β - угол раскладки (между касательной к витку нити и плоскостью, перпендикулярной к оси вращения нитеносителя); t - время.

Коническая намотка характеризуется тем, что каждый прослоек наматывается на коническое тело с постоянными размерами. В этом случае скорость нитеводителя по оси нитеносителя

$$\mathrm{v}_{\mathrm{н}} = dy / dt = \mathrm{v}h / \sqrt{4\pi^2\left(R - y\mathrm{tg}\alpha\right)^2 + h^2},$$

где R - радиус большего основания конической паковки; α - угол наклона образующей конуса к оси y.

Для предотвращения ленточной (жгутовой) структуры на ОМА применяют специальные рассеивающие устройства, при работе которых должно выполняться условие

$$\psi = 2\pi(n - n_1),$$

где ψ - угол сдвига витков по торцу паковки; $n = 2\pi\,[m\,k\,(\omega_1 / \omega_2)\,i]$; m - число полных ходов нитеводителя в рассматриваемый промежуток времени; k - число оборотов мотального кулачка за один полный ход нитеводителя; ω_1 и ω_2 - угловые скорости нитеносителя и фрикционного цилиндра соответственно; i - передаточное число между мотальным кулачком и фрикционным цилиндром; n - число оборотов бобины за время цикла движения нитеводителя; n_1 - целая часть числа n.

Известны механизмы предотвращения ленточной (жгутовой) структуры, действие которых основано на изменении одной или нескольких величин, входящих в последнюю зависимость. Например, механизмы, изменяющие угловую скорость ω_1 нитеносителя путем разрыва контакта тела намотки с фрикционным цилиндром или покачивания шпуледержателя.

Угловая скорость ω_2 фрикционного цилиндра изменяется с помощью механизма прерывателя электроцепи привода или фрикционного привода с переменным контактом. Изменение чисел m и k достигается периодическим смещением нитеносителя вдоль образующей мотального барабанчика.

Подготовка пряжи к ткачеству включает очистку и контроль ее на ОМА с помощью контрольно-очистительных устройств. Обычно применяют нитеочистители двух типов: механические и электронные. Простейший механический нитеочиститель состоит из двух стальных пластин, покрытых хромом и разделенных зазором (щелью), составляющим (2,0 + 2,5) d, где d - диаметр нити. При прохождении утолщений через щель между пластинами нить заклинивается и обрывается. При выработке тканей высокого качества применяют электронные нитеочистители фотоэлектрического или емкостного типа. При прохождении утолщения мимо фотоэлемента изменяется сила тока в цепи, что служит сигналом к включению ножа, обрезающего нить. У емкостного нитеочистителя изменение толщины нити вызывает изменение емкости конденсатора, что формирует сигнал на включение ножа. Фотоэлектрические нитеочистители чувствительны к запыленности, а емкостные - к содержанию влаги в пряже.

Натяжные устройства, применяемые на ОМА и УПА, служат для обеспечения требуемых параметров наматываемых паковок по плотности, исключения сукрутин, устойчивого движения нити в наматывающих и раскладывающих механизмах. При перематывании пряжи наибольшее распространение получили неавтоматические шайбовые, гребенчатые нитенатяжители. Для натяжителя с нормальным прижимом, в котором натяжение создается только под действием силы трения нити о шайбы, находящейся под нагрузкой Q, натяжение нити на выходе

$$T_2 = T_1 + 2fQ,$$

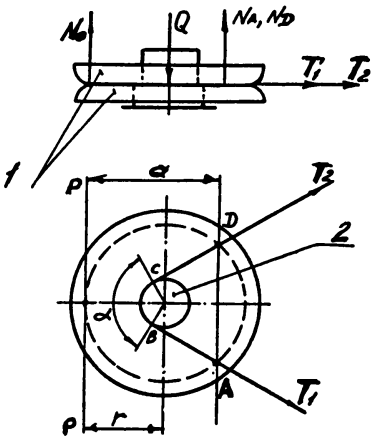


Рис. 1.2.1. Расчетная схема комбинированного нитенатяжителя

где f - коэффициент трения между нитью и элементами нитенатяжителя; T_1 - натяжение нити на входе в натяжитель.

Для натяжителя, в котором нить скользит по цилиндрическим направляющим,

$$T_2 = T_1 \exp\left(f\sum_{i=1}^{n}\alpha_i\right),$$

где α_i - угол охвата нитью i-го цилиндра.

Для комбинированного нитенатяжителя (рис. 1.2.1), в которм натяжение нити создается под действием сил трения о шайбы *1* и стояк *2*, сила натяжения на выходе

$$T_2 = T_1 e^{f\alpha} + 2frQ\left(e^{f\alpha}+1\right)/(2a),$$

где a - геометрический параметр натяжителя.

При переменном T_1 его амплитуда может быть увеличена нитенатяжителем с трением о цилиндрические направляющие и оставаться без изменения натяжителем с нормальным прижимом, что является преимуществом последнего.

Механизмы автоматизации технологического процесса перематывания пряжи сокращают затраты ручного труда на единицу вырабатываемой продукции. Циклограмма автоматов определяет очередность выполнения операции (движений исполнительных органов) в зависимости от угла поворота распределительного вала. При проектировании циклограмм необходимо: использовать возможность параллельного или параллельно-последовательного выполнения операций; уменьшать длительность операций; распределять время цикла по фазам перемещений и выстоев исполнительных органов с помощью выбранных критериев (максимальных скоростей, допустимых углов давления, КПД, инерционных нагрузок и т.д.); рабочие ходы исполнительных органов рассредоточить по циклу автомата для распределения нагрузки и уменьшения пиков потребляемой мощности.

При составлении кинематической схемы основное внимание уделяют выбору типа механизма, приводящего в движение исполнительный орган. В качестве приводов чаще всего используют стержневые и кулачковые механизмы. Находят применение гидравлические, электромеханические и другие типы приводов. Процесс перемотки пряжи практически полностью автоматизирован. После создания механизмов отыскания конца нити на прядильной шпуле, ориентирования початков по отношению к шпуледержателю и механизмов автоматической смены бобин мотальщица лишь наблюдает за работой мотальных головок, число которых в 5 - 6 раз больше, чем при обслуживании неавтоматической мотальной машины.

В указанном режиме работают ОМА фирмы Савио (Италия), Шляфгорст (Германия), Мюрата (Япония). Эти фирмы агрегировали ОМА с кольцепрядильными машинами, что позволило снизить как производственные затраты, так и эксплуатационные.

Сновальные машины. Выполнение технологических требований при проектировании сновальных машин как партионных, так и ленточных, связано с регулированием частоты вращения сновального валика (барабана), плавностью пуска, обеспечением требуемого тормозного пути при выбеге сновального валика (барабана) и конструкцией шпулярника, обеспечивающего требуемое натяжение нитей.

В зависимости от способа регулирования с целью получения постоянной скорости снования приводы партионных сновальных машин делятся на три группы: с механическим, электрическим и гидравлическим способами регулирования. Наиболее простой привод - фрикционный, используемый на барабанных сновальных машинах. Вследствие присущих фрикционному приводу недостатков (проскальзывание, большое давление и т. д.) барабанные машины заменяют безбарабанными с электрическим и гидравлическим регулированием.

В машинах с электрическим регулирование используют: электроприводы на базе коллекторных двигателей переменного тока, с электронной регулировкой скорости при изменении диаметра намотки; электроприводы с двигателями постоянного тока (от отдельных регулируемых генераторов или управляемых выпрямителей); электроприводы с регулированием скорости с помощью роторных реостатов и с применением асинхронных электродвига-

телей с короткозамкнутыми роторами, скорость которых регулируется индукционными сопротивлениями; электроприводы с использованием электромагнитных муфт скольжения.

Приводы сновальных машин с гидравлическим регулированием скорости имеют ряд преимуществ перед приводами с электрическим регулированием: бесшумность в работе, гашение крутильных колебаний и динамических нагрузок, плавность разгона, предохранение деталей привода от перегрузки. Недостатками сновальных машин с гидроприводом являются низкий КПД вследствие потерь на трение в трубопроводах и в местах изменения скорости течения жидкости, резкое уменьшение КПД при увеличении диапазона регулирования скорости.

При скорости снования до 1200 м/мин и диаметре намотки более 1000 мм крепление сновального валика в пинолях машины осуществляют с помощью конических зубчатых муфт, а сновальные валики балансируют статически и динамически. Для получения требуемой плотности намотки применяют регулируемые гидравлические и пневматические прижимные устройства укатывающих валиков с силой прижима до 3000 Н.

Большое значение имеет конструкция шпулярников. Шпулярник включает в себя бобинодержатели рабочие и резервные, нитенатяжители, механизмы самоостанова, скомпонованные в сигнальные рядки, остов и другие механизмы. При этом машину и шпулярник необходимо рассматривать как единую сновальную установку. Применяют шпулярники для прерывного и непрерывного снования, с выдвижными и поворотными секциями, со сматыванием внутрь и наружу, прямоугольной и V-образной форм и др.

При проектировании остова и бобинодержателей учитывают размеры бобин (до 300 мм), массу (7 + 20 кг), чувствительность бобин к повреждениям при манипуляциях с ними обслуживающего персонала, а также размеры баллона при сматывании нити от полной бобины до пустой.

Качество приготовления основ зависит от типа нитенатяжителя, используемого при снование. Наибольшее распространение получили нитенатяжители одно- и двухзонные с нормальным прижимом, комбинированные с ручным и автоматическим регулированием, роликовые.

Наиболее распространен комбинированный нитенатяжитель (рис. 1.2.2). В качестве нагрузки используются тарированная пружина с локальным или централизованным нагружением моделей UB и GZB фирмы Бенингер (Швейцария), грузовые шайбы мод. НС-1 Текмашдетали, электромагниты моделей МК-Елизьен (США), НЭ-1М ВНИИЛтекмаша.

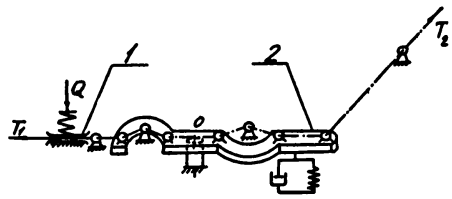


Рис. 1.2.2. Комбинированный нитенатяжитель КФД фирмы Майер (Германия)

Нитенатяжитель КФД фирмы Майер (Германия) с автоматическим регулированием создает натяжение нити шайбовым натяжителем *1* с нормальным прижимом тарированной пружиной, а также неподвижными и подвижными нитепроводниками. Подвижные нитепроводники установлены на качающемся вокруг оси *0* рычаге *2*. Рычаг *2* нагружен пружиной кручения и имеет гидравлический демпфер. Нить соприкасается с неподвижными поверхностями, что может приводить к сгону крутки, истиранию волокон, неконтролируемым скачкам натяжения при трении нити о направляющие. Такой натяжитель не может применяться одинаково успешно для всех видов пряжи и нитей.

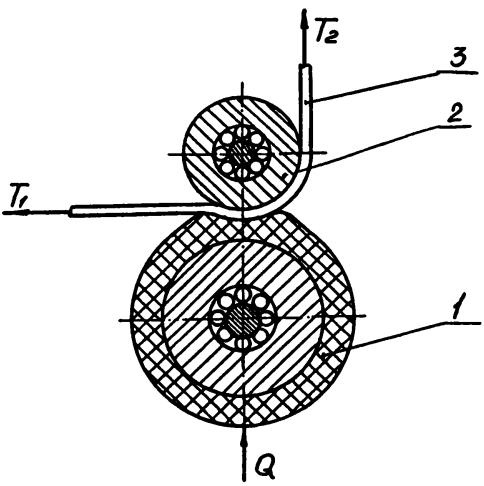


Рис. 1.2.3. Нитенатяжитель типа UB фирмы Бенингер (Швейцария)

Роликовые натяжители (рис. 1.2.3) в значительной мере исключают перечисленные недостатки. Обрезиненный ролик *1* прижимается к стальному ролику *2*. При движении нити *3* ролики, установленные в шарикоподшипниках, вращаются. Натяжение T_2 создается вследствие момента трения качения эластичного ролика по стальному. Универсальный роликовый натяжитель типа НН фирмы Хакоба (Германия) создает выходное натяжение T_2

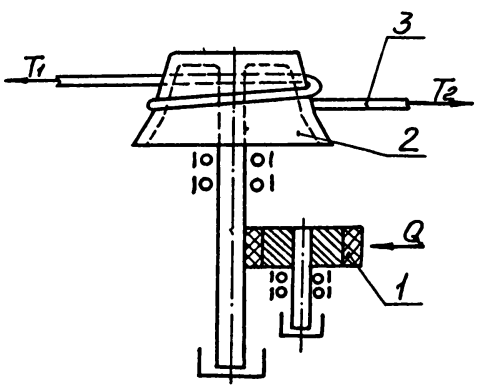


Рис. 1.2.4. Нитенатяжитель типа НН фирмы Хакоба (Германия)

нити *3* (рис. 1.2.4) с помощью момента трения качения между обрезиненным роликом *1* и осью колоколообразного ролика *2*, который приводится в движение нитью *3*.

На современных механизмах самоостанова используют фотоэлектронный способ фиксации обрыва или электрический способ, когда при обрыве нити происходит замыкание контакта под действием пружины. Время срабатывания механизма составляет 0,04 ÷ 0,06 с.

Высокоскоростные партионные и ленточные машины оснащены электронными системами автоматического управления технологическими параметрами, что позволяет значительно повысить качество приготовления основ для ткацких машин, уменьшить угары сырья, облегчить обслуживание и увеличить производительность машин.

Шлихтовальные машины. Процесс шлихтования используется для увеличения износостойкости основных нитей к механическим воздействиям на ткацкой машине. Шлихтовальная машина состоит из следующих узлов: стойки для сновальных валиков; клеящего аппарата с пропиткой основы шлихтой и ее отжимом; части для просушивания основы до заданной влажности; ценового поля разделения основы на слои по количеству сновальных валиков; накатной секции с разделением слоев на отдельные нити и наматыванием их на ткацкий навой с натяжением, обеспечивающим заданную плотность; агрегирования (трубопроводы, электро- и пневморазводка, средства автоматики, привод машины и др.), обеспечивающие синхронизацию работы частей машины, подачу на машину пара, шлихты, сжатого воздуха, электроэнергии, поддержание заданных параметров технологического процесса.

Важнейшими показателями работы шлихтовальной машины являются вытяжка и влажность пряжи, количество приклея. Вытяжка обычно 1,2 ÷ 1,5 % для хлопчатобумажной пряжи, 0,6 и 0,8 % для льняной пряжи мокрого и сухого прядения, 0,5 % для штапельной вискозной нити. Просушенная ошлихтованная основа должна иметь влажность 6 ÷ 8 %. Количество приклея зависит от типа шлихтующих материалов и вида пряжи и находится в интервале 3 - 11 % массы нешлихтованной пряжи.

Конструкция сновальной стойки определяется схемой расположения сновальных валиков и системой соединения нитей основы. Для получения заданной вытяжки, исключения скачков натяжения при изменении скорости машин, уменьшения угаров пряжи к цапфе каждого сновального валика прикладывается переменный тормозной момент $M = TR$, где T - натяжение нитей при размотке; общее натяжение нитей основы $\sum_{i=1}^{k} T_i$ (где k - число сновальных валиков); R - текущий радиус намотки.

Для создания тормозного момента используют ленточные, дисковые и другие тормозные устройства с неавтоматическим или автоматическим поддержанием заданного натяжения нитей на каждом сновальном валике. Клеящий аппарат обеспечивает размотку сновальных валиков с помощью тянульного вала, пропитку основы шлихтой в клеевом корыте и отжим основы. Верхний отжимной вал, имеющий эластичное покрытие (шерстяная фланель, резина и др.), находится под нагрузкой, которая может обеспечиваться грузами, пневматическими и гидравлическими устройствами. У отечественных машин типа ШБ-11/140(180)-Л-3М нагрузка на верхний отжимной вал до 30 Н/см, а у машин типа ШБ/140(180, 220)-4 - до 40 Н/см. От величины и равномерности нагрузки на верхний отжимной вал зависит количество приклея, остающегося на нитях основы.

Конструкция сушильной части определяется числом барабанов, их расположением в зависимости от деления полотен пряжи. Например, сушильная часть 11-барабанной машины ШБ-11/140(180, 220)-4 имеет деление полотна на два слоя на первых четырех барабанах на входе и сложение и сушку основы на остальных семи барабанах. Для устранения пригаров шлихты барабаны покрыты тефлоном. Ценовые прутки для разделения основы на слои должны иметь полированную износостойкую поверхность и обладать достаточной жесткостью изгиба. Накатная секция с помощью регулируемого привода обеспечивает требуемые натяжения и плотность основных нитей при наматывании навоя, а также автоматический съем готового навоя.

Современные шлихтовальные машины оснащены комплексом систем автоматического регулирования температуры шлихты, влажности основы, отжима и других технологических параметров.

1.2.2. ТКАЦКИЕ МАШИНЫ

Ткацкие машины (ТМ) классифицируют на обычные и специальные. Обычные ТМ предназначены для выработки гладьевых бытовых тканей, а специальные - для получения технических и специфических тканей. Обычные ткацкие машины классифицируют: по способу прокладывания уточной нити в зеве основы - на челночные (одно- и многочелночные) и бесчелночные (с малогабаритными прокладчиками, сопловые, рапирные); по принципу тканеформирования - на прерывные (циклические) и непрерывные (многозевные). Сопловые ТМ разделяют на гидравлические и пневматические, рапирные по виду рапир - на машины с гибкими, жесткими, телескопическими рапирами, а также с пневморапирами.

В челночных ТМ уточная нить прокладывается со шпули из челнока, движущегося возвратно-поступательно в открытом зеве. В ручных и механических челночных ТМ отработанная шпуля заменяется новой вручную, а в автоматических - автоматически без останова машины. Челночное ткачество осуществляется прерывно (циклично): открытие зева, прокладывание уточной нити, прибой ее, отвод готовой ткани. С обеих сторон ткани образуются классические кромки, без применения каких-либо специальных кромочных механизмов. Автоматические челночные ТМ используют до сих пор ввиду неограниченных ассортиментных возможностей получения тканей из волокон всех видов, простых, мелко- и крупноузорчатых переплетений с классическими кромками.

В бесчелночных ТМ с новыми способами прокладывания уточных нитей последняя прокладывается с паковки, расположенной вне зева, в одну сторону слева-направо и справа-налево прокладчиком (малогабаритным прокладчиком, рапирами, водой или воздухом, пневморапирами). Питание уточной нитью в этих машинах осуществляется непрерывно путем связывания конца нити работающей паковки с началом нити запасной паковки. Процесс тканеформирования при бесчелночном ткачестве, как и при челночном, осуществляется прерывно (циклично), но при этом классических кромок не образуется. Для этого используют специальные механизмы трех видов: перевивочные, брошюровочные и закладные.

В многозевных ТМ непрерывного тканеформирования одновременно прокладываются несколько уточных нитей со шпуль из малогабаритных челноков, движущихся друг за другом слева-направо в волнообразных зевах, образованных поперек основы. После выхода челноков с пустыми шпулями (так как шпули имеют запас уточной нити только на одну прокидку) с правой стороны зоны заправки, они возвращаются конвейером в механизм зарядки челноков утком, расположенным с левой стороны зоны заправки. Челноки заряжаются и вводятся в волнообразные зевы с левой стороны заправки и т.д.

В многозевном ткачестве в отличие от других типов процесс осуществляется непрерывно вследствие совмещения зевообразования, прокладывания уточных нитей и непрерывного их прибоя; при этом специальными механизмами формируются перевивочные или закладные кромки. В бесчелночном ткачестве преобладают два направления - рапирное и пневматическое.

Наиболее универсальными являются бесчелночные ТМ с жесткими рапирами фирмы Дорниер (Германия). Область применения этих машин практически не ограничена. На машинах этого типа можно вырабатывать практически весь ассортимент тканей с числом цветов по утку до 16 и максимальным числом ремиз 28. Им уступают ТМ с гибкими рапирами и малогабаритными прокладчиками, а также пневматические и многозевные ТМ. Максимальная производительность ТМ (м·уток/мин) приведена ниже:

Многозевные	5000
Пневматические	3860
Гидравлические	2100
С гибкими рапирами	1420
С малогабаритными прокладчиками	1400
С жесткими рапирами	1000

1.2.3. ЧЕЛНОЧНЫЕ ТКАЦКИЕ МАШИНЫ

Схема челночной ткацкой машины К2 (ГОСТ 2.701-84) показывает расположение во взаимной увязке технологической линии заправки и кинематических схем исполнительных механизмов (рис. 1.2.5). Формирование ткани *9* осуществляется ремизками *5*, челноком *7* и бердом *6*, приводимыми в движение соответствующими синхронно действующими механизмами.

Для простых переплетений ткани используют зевообразовательный механизм, состоящий из парных соосных кулачков *13*, рычагов *12* и ремизных тяг *5*. Бердо *6* является ведомым звеном батанного механизма, в который входят кривошип, поводок, коромысло. С целью синхронизации работы всех механизмов ткацкой машины коленчатый (главный) вал *4* соединен с проступным валом *14* зубчатыми колесами с передаточным отношением u =

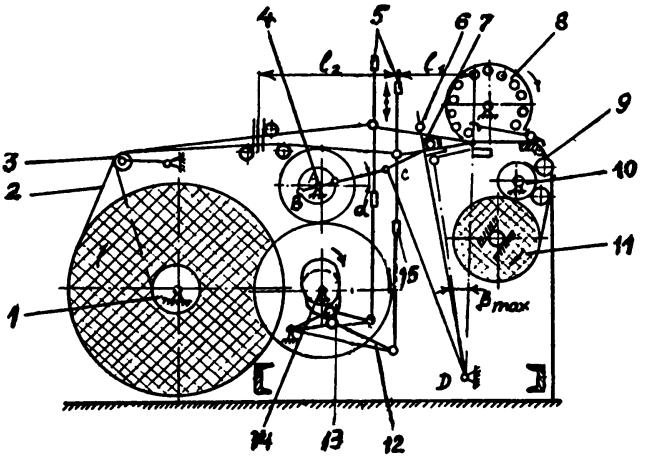


Рис. 1.2.5. Кинематическая функциональная схема челночной ткацкой машины

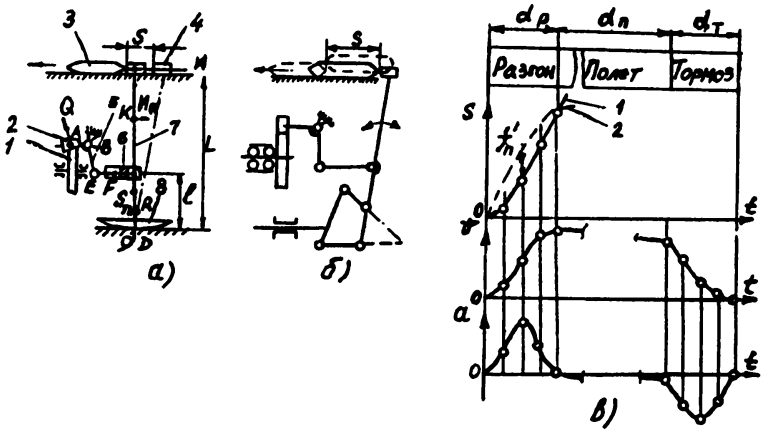


Рис. 1.2.6. Кинематические схемы механизмов среднего боя:
а - башмачного типа; *б* - с четырехзвенным погонялным устройством; *в* - кривые изменения перемещений, скорости и ускорения гонка с челноком во время разгона

= 1 : 2. Отпуск основных нитей *2* проводится регулятором основы, изменяющим скорость поворота навоя *1* в зависимости от натяжения основы. Натяжение основы контролирует скало *3*, установленное на рычагах. Вальян *10*, отводящий ткань, имеет привод от товарного регулятора. Товарный валик *11* приводится в движение от вальяна *10*.

Основными звеньями механизма автоматической смены уточных шпуль являются барабан *8* и вшибатель. При сматывании утка *7* автоматически во время работы машины происходит смена шпули в челноке. Главный вал вращается от индивидуального электродвигателя через фрикционную муфту и ременную или зубчатую передачи. Все механизмы ткацкого станка размещены на остове, состоящем из двух рам, связей и др.

Для прокладки и торможения челнока обычно используют кулачковый механизм среднего или нижнего боя и шарнирные клапаны.

В ткацких машинах типа АТ используют механизмы среднего боя башмачного типа или с шарнирным четырехзвенным погонялным механизмом (рис. 1.2.6, *а*, *б*).

Боевой механизм среднего боя содержит пространственный кулачковый привод с силовым замыканием кулачковой пары *1*, *2* и погонялное устройство, состоящее из стремени *5*, хомута *6*, погонялки *7* и башмака *8*. Нижняя поверхность башмака выполнена как часть цилиндра с осью, проходящей через точку контакта челнока *3* и гонка *4*, благодаря чему они совершают прямолинейное движение. Детали погонялного механизма ввиду нару-

шения контакта между кулачком и роликом, башмаком и кронштейном быстро изнашиваются и часто ломаются. Башмачный погонялный механизм заменяется четырехзвенным механизмом с низшими кинематическими парами (рис. 1.2.6, *б*).

Чтобы обеспечить наименьшее отличие фактического и расчетного (кинематического) движения гонка при разгоне челнока (кривые *1* и *2*, рис. 1.2.6, *в*), необходимо иметь постоянную скорость гонка. Это условие выполняется при применении кулачков, обеспечивающих перемещение *s* гонка по закону полинома. Ниже приведены параметры станка АТ-100-5М (см. рис. 1.2.6, *а*)

Размеры, м:

L	0,75
l	0,25
AB	0,05
BE	0,09
DS_n	0,127
ширина заправки станка	1

Масса, кг:

погонялки	2,15
челнока	0,45
гонка	0,05

Момент инерции погонялки с башмаком J_D, кг·м^2	0,11
Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	240
Сила трения между челноком и клапанами челночной коробки, Н	50
Фазовый угол разгона α_p, °	45
Путь разгона челнока s, м	0,24
Максимальная скорость входа челнока в зев v, м/с	16
Нормальная сила между кулачком и роликом Q, кН	3,6
Реакция между башмаком и кронштейном R, кН	1
Равнодействующая силы инерции погонялки $U_п$, Н	330
Сила инерции челнока и гонка U, Н	460

При определении деформации $f_п$ погонялки и хомута можно использовать экспериментальные значения коэффициентов жесткости $C_п$ = 50 Н/мм, $C_х$ = 150 Н/мм. В этом случае $f_п$ = 10,2 мм, $f_х = F / C_х$ =13,3 мм. Максимальная деформация, приведенная к центру гонка, $f_п' = f_п + f_х L / l$ = 50 мм. По уравнению $S_i = X_i + f_i^n$ можно построить график кинематического (без учета деформаций) перемещения гонка, предварительно определив деформации для всех положений механизма в процессе разгона челнока.

Погонялки изготовляют из бука и граба. При модуле упругости $E \approx 13 \cdot 10^9$ Па эти материалы способны выдержать циклические нагрузки порядка 55 МПа. Погонялки из углеродистой стали имеют более высокий срок службы при прочих равных условиях.

Рост скорости автоматических челночных машин со сменой шпуль и с замочным механизмом потребовало увеличения массы челнока, в первую очередь по условиям торможения и необходимости утолщения стенок челнока для устранения возможности зажима уточной нити при податливости стенок челнока. Применение более легких шпуль и челноков, что при применении мотальных головок не требует дополнительных затрат на оборудование, преодолевает эту отрицательную тенденцию. В табл. 1.2.1 приведена характеристика челноков пяти различных машин.

1.2.1. Характеристика челноков для некоторых автоматических машин со сменой шпуль

Машина	Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	Размеры челнока, мм			Диаметр намотки шпули d, мм	$a - d$	b / a	Масса, г
		ширина a	высота передней стенки b	высота задней стенки c				
Нортроп	175	56	40	42	32	24	0,71	471
Нортроп МРТ	210	61	42	44	34	27	0,69	505
С фирмы Рюти	220	63	37	40	33	30	0,59	462
Президент фирмы Пиканоль	226	64	42	44	34	30	0,66	584
Системы Шерли	180	54	32	49	32	22	0,60	391

Если высота зева у передней стенки челнока при входе в зев более 0,7 высоты самой стенки, а при выходе из зева - 0,3 высоты стенки, то нити верхней части зева, огибая переднюю стенку челнока, не испытывают дополнительного напряжения и не оказывают тормозящего воздействия на челнок. Основная сила, действующая на челнок при полете, - это сила инерции

$$F = \frac{mv^2}{r}\left(1 \pm \frac{r}{l}\right) = ma,$$

где m - масса челнока; v - скорость пальца кривошипа батанного механизма; r - радиус кривошипа; l - длина поводка; $a = \frac{v^2}{r}\left(1 \pm \frac{r}{l}\right)$ - ускорение батана.

Сила F максимальна в момент прибоя и минимальна при заднем положении кривошипа, что примерно соответствует половине расстояния, которое пролетает челнок. Градиент скорости челнока при контакте с клапаном

$$\Delta v_1 = \frac{v_1(1+\zeta)fm_к}{m + fm_к},$$

где v_1 - скорость челнока при контакте с клапаном; $\zeta = 0{,}3$ - коэффициент упругости; $f = 0{,}3$ - коэффициент трения дерева по коже; $m_к = 0{,}8$ кг - масса клапана; $m = 0{,}5$ кг - масса челнока.

Практическое снижение скорости челнока, вызванное торможением в клапанах, находится в пределах 20 + 30 %, достигая максимального значения 42 %. Оставшаяся кинетическая энергия челнока используется для возвращения боевого механизма в исходное для боя положение. В этой фазе

$$\Delta v_2 = \frac{v_2(1+\zeta)m_{общ}}{m + m_{общ}},$$

где Δv_2 - градиент скорости челнока во второй фазе торможения; v_2 - скорость челнока при ударе о гонок; $m_{общ}$ - масса всех движущихся частей механизма во второй фазе.

В этой фазе поглощается примерно 80 % оставшейся кинетической энергии челнока, 20 % при окончательном ударе челнока о буфер-амортизатор. В конце второй фазы скорость движения челнока

$$v_3 = \sqrt{\frac{2E_2}{m}},$$

где E_2 - кинетическая энергия челнока.

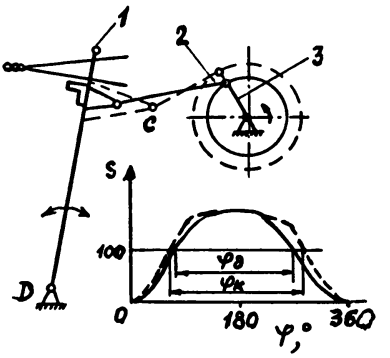


Рис. 1.2.7. Кинематическая схема батанного механизма и изменение перемещения батана с длинными и короткими поводками

На рис. 1.2.7 представлены схема и изменение перемещений батанных механизмов с длинными и короткими поводками. Для узких машин применяют механизмы с длинными поводками *2* ($r/l = 0{,}25$). Перемещение S берда *1* в зависимости от угла φ поворота кривошипа *3* обозначено сплошной линией. На станках шириной более 2 м устанавливают механизмы с короткими поводками *2* ($r/l = 0{,}4$). Этим достигается заданный выстой в области заднего крайнего положения батана, обеспечивающий большее время для пролета челнока: $\varphi_к > \varphi_D$. Перемещение берда в этом случае показано штриховой линией. На машинах шириной более 4 м для получения еще большего выстоя берда применяют шестизвенные батанные механизмы. Ниже приведены параметры батанного механизма типа АТ.

Масса, кг:	
батана	107
батана приведенная	76,8
Частота вращения, мин$^{-1}$	220
Размеры, м:	
СД	0,72
от оси D до центра тяжести батана	0,61
Максимальная сила инерции, Н:	
при переднем положении кривошипа	4189
при заднем положении	2011
Уравновешивающий момент $M_{ур}$, Н·м	47,9

По конструктивным соображениям расстояние от оси качания батана до центра тя-

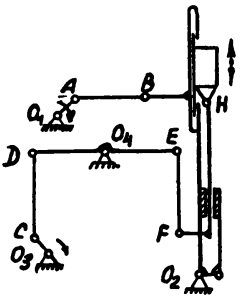


Рис. 1.2.8. Кинематическая схема двухчелночного механизма

жести уравновешивающей массы не должно превышать 0,15 м, что соответствует массе 32,5 кг. При частоте вращения главного вала ткацких машин 250 мин$^{-1}$ преимущество частичного уравновешивания невелико. Фирма Пиканоль сообщает, что ей удалось уменьшить вибрацию скоростной машины уравновешиванием основного привода маховиком.

Многочелночные ткацкие машины используются при выработке тканей из различного утка (по волокну, цвету, номеру и крутке), а также во избежание уточных полос при выработке высокосортных тканей одним утком по качеству. При этом батан имеет с одной или двух сторон сменные челночные коробки, которые в процессе работы автоматически устанавливаются на уровне склиза батана в определенном порядке чередования уточных нитей.

На рис. 1.2.8 представлена кинематическая схема двухчелночного механизма. Кривошипно-коромысловый батанный механизм O_1ABO_2 соединен с двухчелночным прибором O_3CDO_4EFH, приводом для которого служит кривошип O_3C.

1.2.4. БЕСЧЕЛНОЧНЫЕ ТКАЦКИЕ МАШИНЫ

Бесчелночные ткацкие машины широко применяют для получения бытовых, технических тканей и тканей специального назначения из волокон всех видов.

Виды бесчелночных ткацких машин. В пневматической ткацкой машине прокладчиком утка является струя воздуха, в гидравлической - струя жидкости, в рапирной - рапира в виде стержня или ленты. В пневморапирной ткацкой машине уточная нить прокладывается одновременно рапирой и струей воздуха, а в ткацкой машине с малогабаритными нитепрокладчиками - стальными или металлопластмассовыми нитепрокладчиками, кинематически не связанными с приводом машины.

Бесчелночные ткацкие машины имеют следующее назначение:

рапирные - для выработки сложных по переплетениям и структуре тканей с высоким коэффициентом (H) наполнения;

пневматические - для выработки простых по переплетениям тканей с наивысшей производительностью;

с малогабаритными нитепрокладчиками - для выработки широкого ассортимента тканей.

Бесчелночные машины позволяют повысить производительность труда, увеличить съем продукции с 1 м^2 полезной площади, исключить мотальный переход путем использования стационарных товарных паковок с большой длиной уточной нити, улучшить санитарные условия труда (снизить уровень шума). Они рассчитаны на длительную (в течение 10 - 15 лет) эксплуатацию на паспортных или проспектных режимах с частотой вращения главного вала (в зависимости от типа машины) 360 ÷ 1000 мин$^{-1}$ с периодическими остановами для выполнения регламентного профилактического обслуживания.

Необходимая надежность (500 ÷ 800 ч наработки на отказ) бесчелночных ткацких машин обеспечивается конструктивными и технологическими мероприятиями, которые реализуются на стадиях разработки и изготовления, в том числе:

использование конструкционных материалов с высокими удельными механическими характеристиками - легированные стали, титановые сплавы, композиционные материалы;

применение современных видов термической, химикотермической обработки и поверхностного пневмогидродробеструйного или гидродробеструйного упрочнения;

изготовление ответственных деталей по 6-8-му квалитету, степеням точности формы 5-7 и твердостью рабочих поверхностей 55-63 $HRC_э$;

размещение кулачковых, винтовых и шарнирно-рычажных механизмов привода рабочих органов в закрытых масляных ваннах;

применение централизованной и групповой систем смазок маслами с соответствующими скоростному режиму вязкостями и присадками;

наличие встроенной микроЭВМ, осуществляющей контроль и управление технологическими процессами и механизмами.

В табл. 1.2.2 приведены максимальные частоты вращения главного вала и производительности бесчелночных ткацких машин.

1.2.2. Параметры бесчелночных ткацких машин

Машина	Частота вращения, мин$^{-1}$	Производительность, м·утка/мин
Пневматическая и гидравлическая	1000÷900	2000÷1700
Рапирная	500	1250
Пневморапирная	380	450
С малогабаритными нитепрокладчиками	430	1200

Наименее шумными являются узкие пневматические и гидравлические ткацкие машины 84 дБА (табл. 1.2.3), у ткацких машин остальных типов уровень шума находится в пределах 87 ÷ 97 дБ А и существенно зависит от скоростного режима:

$$\Delta L = 40 \lg \frac{n_2}{n_1},$$

где ΔL - возрастание уровня шума при изменении частоты вращения главного вала машины от n_1 до n_2, дБА.

Источники шума - батанный и зевообразующий механизмы, механизм прокидки уточной нити.

В табл. 1.2.4 - 1.2.6 приведены технические характеристики бесчелночных ткацких машин с указанием ведущих фирм-изготовителей. Ассортиментные и технологические возможности бесчелночных ткацких машин определяются наличием ряда устройств и механизмов.

1.2.3. Уровень шума бесчелночных ткацких машин

Оборудование, страна	Фирма, машина	n, мин$^{-1}$	Уровень шума, дБ (по шкале А)
Пневматическая ткацкая машина:			
Чехия	Збройовка Всетин, PN130	300	86
Япония	Цудакома, ZA 205	850	93
Япония	Ниссан, LA40MO	610	92
Гидравлическая ткацкая машина:			
Чехия	Элитекс, H130U	620	88
Япония	Ниссан, LW54-5-6-180	900	89
Пневморапирная ткацкая машина:			
РФ	"Климовсктекмаш", АТПР-120-5	500	84
Ткацкая машина с гибкими рапирами:			
Швейцария	Зульцер-Рюти, G6100	395	97
Италия	Сомет, Мастер, SM93	440	91
Италия	Гарделла, Тегард, 1001	400	90
Италия	Ваматекс, SPA	450	92
Ткацкая машина с жесткими рапирами:			
Франция	Заурер-Дидерикс, S-D-400SE	380	93
Ткацкая машина с малогабаритными прокладчиками утка:			
Швейцария	Зульцер-Рюти, P7100	320	93
РФ	СТБ М-180	220	88,5
РФ	СТБУ-1-180	400	92
РФ	СТБ-4-390Кр	180	85
РФ	СТБ-1-250	220	81

1.2.4. Техническая характеристика ткацких машин отечественного производства

Модель	Ширина по берду, см	Частота вращения главного вала, $мин^{-1}$	Производительность теоретическая, м·утка/мин	Число ремиз	Число цветов утка	Установленная мощность, кВт	Диаметр фланцев навоя, мм	Габаритные размеры, мм	
								ширина	глубина
Пневморапирные машины ("Климовскгекмаш")									
АТПР-100-4	100	380	380	4 - 8	1	2,2	550; 650	2512	1480
АТПР-120-4	120	380	456	4 - 8	1	2,2	550; 650	2760	1480
Машины с малогабаритными нитепрокладчиками СТБУ									
СТБУ	180 ÷ 390	400 - 300	640 ÷ 1050	10	1, 2, 4	4,5	600; 700; 800; 940	3890 - 6290	1875 - 2125
СТБУ Кр	180 ÷ 390	360	600 ÷ 975	18	1, 2, 4	4,5	600; 700; 800; 940	3890 - 6290	1875 - 2125
СТБУ Ж	180 ÷ 390	300	500 ÷ 875	Жаккардовая машина	1, 2, 4	5,5	600; 700; 800; 940	4040 - 6440	1875 - 2125

1.2.5. Техническая характеристика ткацких пневматических и гидравлических машин зарубежного производства

Модель	Фирма, страна	Ширина по берду, см	Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	Производительность теоретическая, м·ут/мин	Число ремиз	Число цветов утка	Установленная мощность, кВт	Диаметр фланцев навоя, мм	Габаритные размеры, мм	
									ширина	глубина
Пневматические машины										
PN	Збройовка Всетин, Чехия	110÷175	480	697	4 - 10	2	2,2	600; 700; 800	2260÷2860	1810
ZA205	Цудакома, Япония	150÷420	720	1800	4 - 16	6	1,5 ÷ 2,7	800; 914 или 1000	3590÷6290	1800÷1920
LA40MO	Ниссан, Япония	150÷190	700	1320	4 - 16	4	1,5 ÷ 2,6	800	3249÷3649	1700
L5 100	Зульцер-Рюти Швейцария	140÷400	750	1760	8 - 16	4	3,0 ÷ 4,0	800; 900; 940; 1000	3380÷6290	1675÷1950
PAT-A	Пиканоль, Бельгия	190÷330	700	1500	8 - 16	2	1,5 ÷ 2,0	800; 1000	3450÷4850	1586÷1789
	Ваматекс, Джибли, Италия	160÷330	800	2200	12 - 20	4	4,5	800; 940	3522÷5482	1865÷2015
SD600S	Заурер-Дидерикс, Франция	185÷285	700	1510	8 - 16	2	-	800; 1000	-	-
Гидравлические машины										
H-M	Збройовка Всетин, Чехия	130÷175	700	1200	6 - 12	1	4,0	800	3220	1770
LW 54	Ниссан-Мотор, Япония	150÷210	800	1500	4 - 16	1	1,5 - 2,66 для привода; 0,31 для насоса	800; 1000	2645÷3245	1690
ZW 300 (301, 302, 303)	Цудакома, Япония	140÷230	900	2000	4 - 16	1	1,5 - 2,44	800; 1000	2645÷3585	1905 или 2055

1.2.6. Техническая характеристика ткацких машин с рапирами и малогабаритными нитепрокладчиками зарубежного производства

Модель	Фирма, страна	Ширина по берду, см	Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	Производительность теоретическая, м·ут/мин	Зевообразующий механизм	Число цветов утка	Установленная мощность, кВт	Диаметр фланцев навоя, мм	Габаритные размеры, мм	
									ширина	глубина
Машины с гибкими рапирами										
TP 600	Нуово Пиньоне, Италия	200÷440	370 - 250	1008	Эксцентриковый, каретка на 28 ремиз, жаккардовая машина	8	3,8	1000	4530÷7330	2125
CTMA	Пиканоль, Бельгия	190÷280	460 (при 190 см)	900	Эксцентриковый на 8 ремиз, каретка на 22 ремизы, жаккардовая машина	8	4,0	1000	4669÷5868	2022
Placencia 400	Плаценциа де лас Армас, Испания	190÷380	565 (при 190 см); 420 (при 220 см); 300 (при 350 см)	900	Эксцентриковый на 22 ремизы, жаккардовая машина	8, 10	4,0	800; 1000	5008÷7180	1850
Master SM93	Сомет, Италия	165÷460	430 (при 190 см)	1100	Эксцентриковый на 20 ремиз, жаккардовая машина	8	4,0	940	4165÷7225	2030

Продолжение табл. 1.2.6

P/4015 P/1001 SD1701	Ваматекс, Италия	160÷380 160÷300 190÷380	430 ÷ 275	1100 1300 900	Эксцентриковый на 12 ремиз, каретка с электроуправлением, жаккардовая машина	8	2,7 ÷ 5,5 3,8 ÷ 5,5 5,1	940 940 1000	4155÷6315	1955, 2025
G6100	Зульцер-Рюти, Швейцария	140÷280	470 ÷ 310	980	Эксцентриковый на 10 ремиз, каретка на 27 ремиз, жаккардовая машина	12	4,5	940	4070÷5930	2045, 2095
Машины с жесткими рапирами										
Telescopia: TP-410 TP-310	Ховама шинери, Япония	180÷230	400	700 540	Каретка на 20 ремиз Каретка на 25 ремиз	8 ÷ 12	3,7 2,7	800; 1000 800; 1000	4500÷6100	
H	Дорнье, Германия	150÷400	420 (при 150 см); 360 (при 330 см)	750 - 850	Эксцентриковый на 10 ремиз, каретка на 28 ремиз	16	4,0	800; 1000; 1250	4070÷9072	1810 (при 800 мм)
UR 1000	САКМ, Франция	160÷220	До 475	900	Каретка на 16 ремиз	8	4,0	900	4614÷5910	1660, 1710
SD400SE+S	Ваматекс, Италия	185÷265	420÷300	800	Каретка на 24 ремизы	1 ÷ 8	4,4	1000	4554÷6485	1823, 2045

Продолжение табл. 1.2.6

Модель	Фирма, страна	Ширина по берду, см	Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	Производительность теоретическая, м·ут/мин	Зевообразующий механизм	Число цветов утка	Установленная мощность, кВт	Диаметр фланцев навоя, мм	Габаритные размеры, мм	
									ширина	глубина
R200	Цудакома, Япония	140÷230	400	550	Эксцентриковый на 8 ремиз, каретка на 20 ремиз, жаккардовая машина	8	2 ÷ 2,6	800	-	-
M.P.B.	Вильсон и Лонгботтом, Великобритания	300	115 (при 250 см)	662	Каретка на 18 ремиз	1	3,0 ÷ 4,5	1220	-	-
Машины с малогабаритными питепрокладчиками										
P 7100 EP	Зульцер-Рюти, Швейцария	190÷540, одно или несколько полотен	420÷230	640÷1100	Эксцентриковый механизм на 10 или 14 ремиз	1 ÷ 1, 2, 4	4,25	700; 800; 940; 1000	4169÷8099	2010÷2200
P 7100 SP	То же	190÷540	420÷230	680÷1100	Каретка на 18 ремиз	1 ÷ 1, 2, 4	4,25 ÷ 5,0	700; 800; 940; 1000	4205÷8099	2010÷2300
P 7100 J	"	190÷460	420÷255	680÷1100	Жаккардовая машина	1 ÷ 1, 2, 4	5,0	700; 800	4582÷7776	2010÷2025
P 7100 F	"	190÷390	380÷300	715÷1100	Эксцентриковый механизм, каретка, жаккардовая машина	1 ÷ 1, 2, 4	4,25 ÷ 5,0	800; 940; 1000; 1016	4184÷6989	1975÷2200

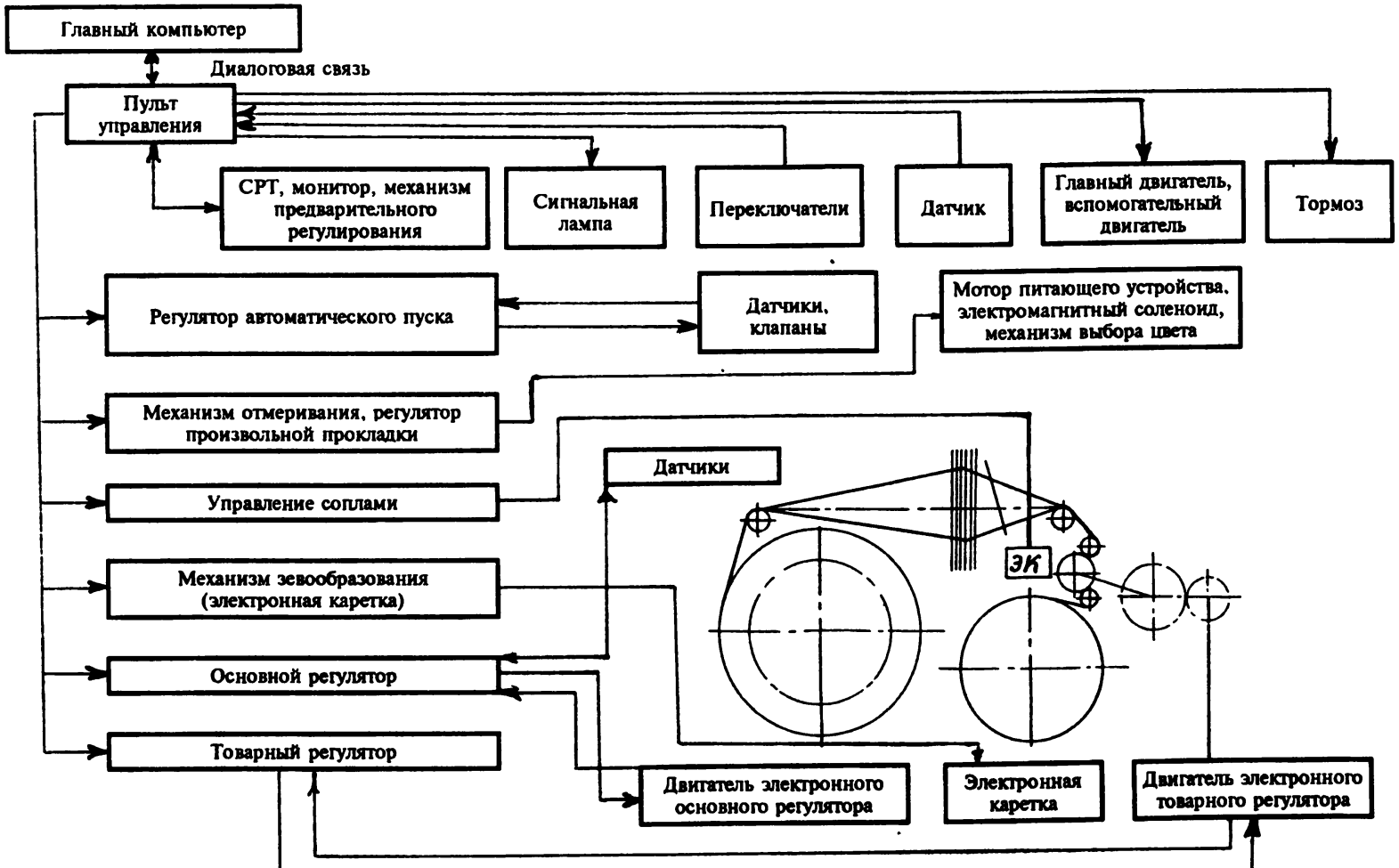


Рис. 2.9. Типовая электронная схема управления и контроля работы пневматической ткацкой машины

Пневматические ткацкие машины оснащены одноцветным механизмом смены цвета уточной нити или двух-, четырехцветными механизмами с произвольным чередованием уточных нитей или в последовательности 1:1, 2:2. На пневматических ткацких машинах установлены эксцентриковые зевообразующие механизмы до 8, кулачковые до 12 и ремизоподъемные каретки до 16 ремизных рам. Кромки вырабатываемых тканей закладные, перевивочные или оплавленные. Батанный механизм - шарнирно-рычажного типа.

Пневматические ткацкие машины имеют микропроцессорную систему управления с рядом электронных устройств и приборов, которая контролирует, регулирует и оптимизирует важнейшие функции машин с выдачей информации о работе машины на дисплей и в систему управления производством. Типовая электронная схема управления и контроля работы машины приведена на рис. 1.2.9. На пневматических ткацких машинах фирм Пиканоль, Ниссан установлены автоматические устройства по удалению дефектной уточной нити, благодаря чему можно вырабатывать среднетяжелые ткани, в том числе джинсовые, с поверхностной плотностью менее 550 г/м^2 из хлопчатобумажной, целлюлозной, синтетической и смешанной пряжи линейной плотности 6 ÷ 147 текс, из гладких, текстурированных филаментных нитей линейной плотностью 33 ÷ 660 дтекс, из стеклонитей и пленки. Плотность вырабатываемых тканей по утку 1 ÷ 150 нитей/см. Среднечасовой расход воздуха при давлении 0,35 ÷ 0,6 МПа составляет 25 ÷ 45 м^3/ч.

На пневматических ткацких машинах P, PN отмеренная уточная нить непрерывно подается в неподвижно установленное на раме машины сопло. С помощью струи воздуха уточная нить из сопла движется по каналу конфузора, представляющего собой набор пластмассовых пластин, имеющих с внутренней стороны угол скоса 10°, а вверху щель для выхода уточной нити при прибое. Наличие скоса в пластинах конфузора стабилизирует воздушную струю и обеспечивает прокладывание уточной нити на ширину заправки 170 см. Пластины конфузора в виде секций крепят на брусе батана. Со стороны правой кромки в целях устранения недолетов устанавливают отсасывающее сопло. На пневматических ткацких машинах ZA205, LA40MO (Япония), L5100 (Швейцария), PAT-A (Бельгия) и других используется способ прокладывания уточной нити с применением главного сопла, установленного на батане, группы эстафетных сопл и профилированного канала, образованного бердом.

Для стабилизации воздушного потока зубья берда по профильной части, образующей канал, обрабатывают с уклоном 9 ÷ 10° в сторону прокладки уточной нити.

Для пневматических ткацких машин профилированные берда с толщиной зубьев 0,16 - 0,7 мм изготовляет фирма Гроб.

1.2.7. Модификация профилированных берд, устанавливаемых на пневматических ткацких машинах

Фирма-изготовитель, модель страны	Модификация профилированного берда
Зульцер-Рюти	AIR PLUS AIR ECO AIR ECO E200
Дорнье, Метеор, Пиканоль, Тойота, Вамателекс, Заурер	AIR ECO E100
Цудакома:	
ZA100	AIR ECO E120
ZA200	AIR ECO E140
Тойота	AIR ECO E200

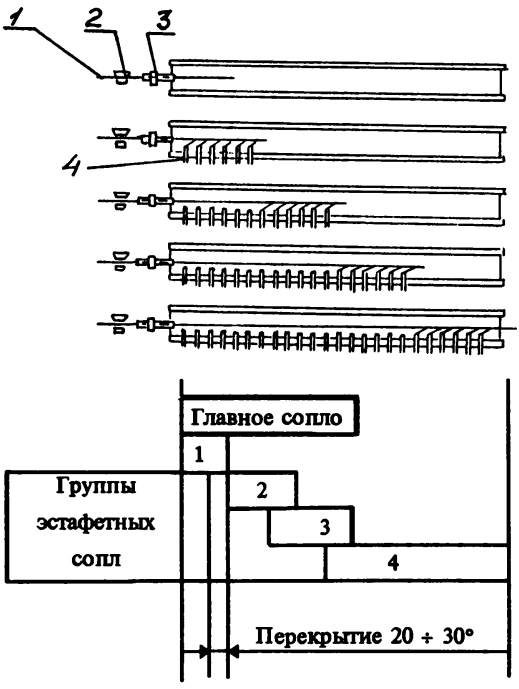


Рис. 1.2.10. Схема прокладывания уточной нити на пневматической ткацкой машине с эстафетными соплами

Схема прокладывания уточной нити на пневматической ткацкой машине ZA100 японской фирмы Цудакома приведена на рис. 1.2.10. Уточная нить перед каждой прокидкой сматывается с бобины, проходит направляющие глазки, отмеривающее устройство фрикционного типа и попадает в накопитель пневматического типа, располагаясь в нем в виде вытянутой петли. Из накопителя через управляемое по цикловой диаграмме зажимное устройство *2* уточная нить *1* поступает в главное сопло *3*. При отпускании нити зажимным устройством она прокладывается в зев, двигаясь по каналу, образованному профилированным бердом и нитями основы. Сила, движущая нить, создается главным соплом и группами эстафетных сопл *4*, переключаемых электромагнитными клапанами от программатора.

Гидравлические ткацкие машины ввиду использования в качестве нитепрокладчика струи воды, применяют в основном для переработки гидрофобных волокон. Вырабатываемые на них легкие и среднетяжелые ткани из полиамидных, полиэфирных, ацетатных и триацетатных нитей линейной плотности 20 ÷ 1200 дтекс и смесовые ткани из хлопчатобумажной и вискозной пряжи в утке линейной плотности 10 ÷ 50 текс и филаментных нитей в основе имеют поверхностную плотность 20 ÷ 350 г/м^2 и плотность по утку 3,4 ÷ 120 нитей/см. Механизмы смены цвета, зевообразующий и батанный такие же как у пневматических ткацких машин. Кромки образуются перевивкой или оплавлением.

Устанавливают основной регулятор двух типов: механический с электронным управлением и гидравлический. Расход воды на одну прокидку в зависимости от заправочной ширины и давления воды ($0{,}5\cdot10^5$ ÷ $3\cdot10^5$ Па) составляет 1,8 ÷ 4,5 см^3. Для удобства транспортировки ткани производится ее обезвоживание непосредственно на машине посредством отжима и отсоса лишней влаги с последующим досушиванием.

Несмотря на постоянное совершенствование гидравлических ткацких машин в области расширения ассортиментных возможностей, увеличения скорости и производительности, повышения степени автоматизации, увеличения заправочной ширины и создания конструктивных рядов на основе модульно-блочного принципа, область их применения - выработка тканей из синтетических нитей - ограничена самим принципом прокладывания уточной нити.

Пневморапирные ткацкие машины отличаются от пневматических и рапирных новым способом прокладывания уточной нити с помощью двух полых движущихся навстречу рапир и струи воздуха. Схема прокладывания уточной нити приведена на рис. 1.2.11. Уточная нить *2*, проходя направляющие глазки *3* и тормозок *4*, сматывается с бобины *1* отмери-

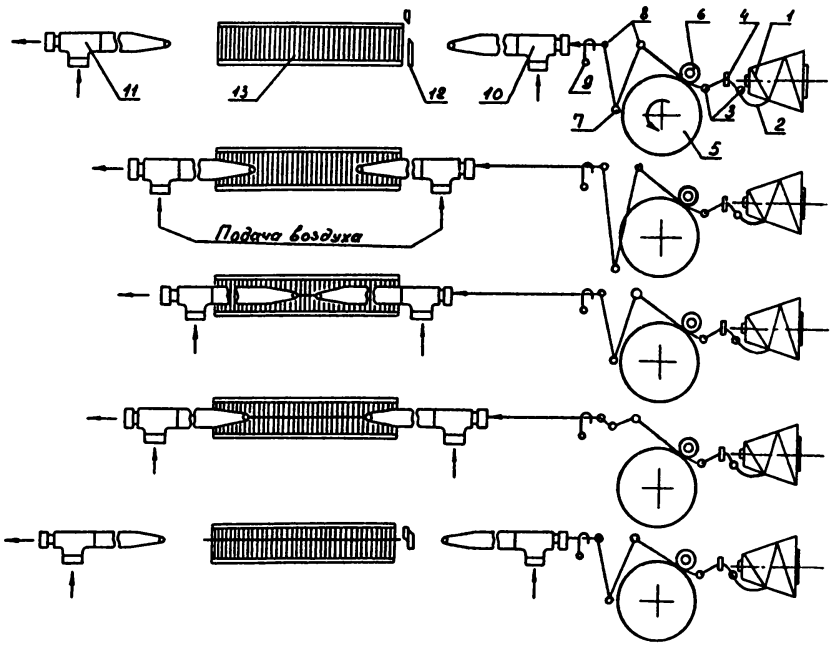


Рис. 1.2.11. Схема прокладывания уточной нити на пневморапирной ткацкой машине

вающим устройством, состоящим из вращающегося конического шкива *5* и прижимного ролика *6*, который может смещаться вдоль образующей шкива. Отмеренная уточная нить, пройдя направляющие глазки *8*, глазок компенсатора *7* и глазок *9* уточного контроллера, входит в правую рапиру *10*. При опускании компенсатора образуется резерв уточной нити, а затем при движении компенсатора вверх уточная нить освобождается и подается в правую *10* и левую *11* рапиры. Правая и левая рапиры совершают согласованное прямолинейное возвратно-поступательное движение.

Привод рапир (рис. 1.2.12) выполнен в виде планетарной передачи с внешним зацеплением. Движение водилу *1*, жестко соединенному с вертикальным валом *2*, передается конической зубчатой парой *3*, одно зубчатое колесо установлено на главном валу машины. Солнечная шестерня *4* неподвижно закреплена на корпусе *5* машины. Через сателлитные колеса *6*, оси которых закреплены на водиле *1*, движение передается планетарному колесу *7*, жестко соединенному с рычагом *8*. Рычаг *8* передает движение рапире *9*. Прокладываемая уточная нить движется в правой рапире вследствие избыточного давления, а в левой вследствие разрежения. Сила, создаваемая воздушной струей,

$$F_T = 0{,}5\ C_x\ \rho\ d\ l\ v^2,$$

где C_x - коэффициент сопротивления, для хлопчатобумажной ткани $C_x = 2{,}1 / (v + 3) + 0{,}065$; v - скорость воздушного потока относительно участка нити в рапире; ρ - плотность воздуха, 1,25 кг/м^3; d - диаметр нити; l - длина участка нити, находящегося в рапире.

При сближении концов рапир до расстояния 4 ÷ 5 мм уточная нить надежно передается от правой к левой рапире. Проложенная в зев уточная нить, отрезается ножницами *12* (см. рис. 1.2.11) с правой стороны ткани, а оставшиеся концы закладываются в ткань пневмокромкообразующим механизмом. Движение рапир происходит во время выстоя батана с бердом *13* в крайнем заднем положении.

Пневморапирные ткацкие машины имеют кнопочный пуск и оснащены устройством предпускового натяжения основы пневматического принципа действия. На пневморапирных ткацких машинах вырабатываются хлопчатобумажные и штапельные ткани полотняного, сатинового и саржевого переплетений с плотностью по утку 7 ÷ 60 нитей/см из пряжи линейной плотности 14,9 ÷ 50 текс. Поверхностная плотность вырабатываемых тканей до 200 г/м^2, что соответствует коэффициенту связности C = 8. При оснащении пневморапирных ткацких машин дополнительными устройствами на них вырабатываются мешочные и упаковочные ткани с использованием суровой льняной оческовой пряжи и пряжи из смеси льняных и химических волокон сухого и мокрого прядения, а также льноджуто-кенафной пряжи с линейной плотностью до 400 текс.

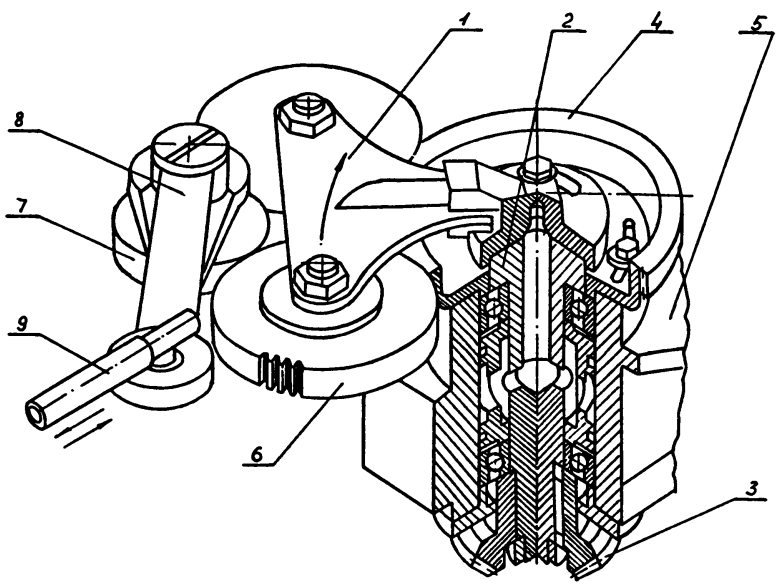


Рис. 1.2.12. Привод рапир пневморапирной ткацкой машины

Рапирные ткацкие машины занимают одно из ведущих мест среди бесчелночных ткацких машин. Среди них ткацкие машины с гибкими рапирами являются наиболее перспективными наряду с пневматическими ткацкими машинами и машинами с малогабаритными нитепрокладчиками. Рапирные ткацкие машины предназначены для производства тканей малой, средней и большой поверхностной плотности (50 ÷ 3000 г/м^2) с числом цветов по утку до 12 с различной пряжей по основе и утку.

На рапирных ткацких машинах вырабатываются легкие рубашечные, подкладочные, камвольные, обивочные ткани, "деним", кордюрой и различные технические ткани (плотность по утку 1,2 ÷ 180 нитей/см), из натуральных и искусственных волокон (1,7 ÷ 5600 текс), из элементарного волокна, филаментной и текстурированной пряжи (10 ÷ 6600 дтекс) и стеклонитей. Шаг изменения заправочной ширины вырабатываемых полотен для машин, приведенных в табл. 1.2.6, составляет 10 ÷ 100 см. Кромки тканей трех типов: закладные, перевивочные и оплавленные. При выработке тканей с закладными кромками максимальная скорость машины снижается на 10 ÷ 12 %.

Для привода рапир используют: рычажные механизмы с приводом от эксцентрика; винтовую передачу с переменным шагом; реечную зубчатую передачу.

Головки рапир изготовляют из легких сплавов; поверхность подвергнута специальной обработке, повышающей износостойкость и снижающей коэффициент трения. Увеличенный диаметр приводных колес позволяет устанавливать угол обхвата лентой приводного колеса 180°. Ленты рапир усилены углеродными нитями. Высота зева 24 ÷ 180 мм зависит от вырабатываемого ассортимента тканей и вида зевообразующего механизма.

Ткацкие машины с гибкими рапирами ведущих фирм Сомет, Пиканоль, Зульцер-Рюти, Ваматекс оснащены современной микропроцессорной системой управления, которая осуществляет текущий контроль и управление операциями, определение переплетения и цвета рисунков, сбор, хранение и поиск данных о производимой продукции, вывод на дисплей и передачу информации причин остановов, двухстороннюю связь с главной ЭВМ. Вся информация записывается и считывается из модуля запоминающего устройства емкостью 2 или 16К байт. На машинах установлены автоматический механизм розыска "раза" и механизм медленного хода для выполнения наладочных и пусковых работ.

Механизм подачи основы с микропроцессорным управлением обеспечивает выработку ткани с постоянным натяжением основы за время срабатывания навоя. Основные направления совершенствования рапирных ткацких машин:

снижение массы и габаритов головки рапир, приводного колеса и ленты вследствие использования композиционных материалов;

усовершенствование конструкции зажимов уточной нити и направляющих рапир;

расширение вырабатываемого ассортимента и повышение скоростных возможностей;

повышение уровня автоматизации.

На рапирных ткацких машинах бельгийской фирмы Пиканоль в приводе установлена муфта-тормоз, имеющая электронное управление: пусковое и тормозное усилия автоматически регулируются микропроцессором, что обеспечивает быстрый разгон машины, исключая пороки в ткани, и точное позиционирование главного вала при останове. Кроме того, предусмотрено устройство автоматической ликвидации обрыва уточной нити.

В ткацких машинах с жесткими рапирами нитепрокладчиком являются тонкостенные трубки диаметром 10 ÷ 15 мм или пустотелые стержни прямоугольного сечения. Жесткие рапиры не требуют направляющих в зеве: головки рапир скользят по основе, опираясь на брус батана. Разновидностью жесткой рапиры является телескопическая рапира, состоящая из корпуса П-образного сечения и находящейся внутри него ленты с головкой. При перемещении корпуса лента выдвигается из него на удвоенную величину его хода.

Схема прокладывания уточной нити на машине с жесткими рапирами представлена на рис. 1.2.13. Перед входом в зев подающая рапира *1* захватывает уточную нить *2*, сматываемую с бобины *3* и удерживаемую зажимом *4*. Передача уточной нити от подающей рапиры *1* к приемной рапире *5* осуществляется в

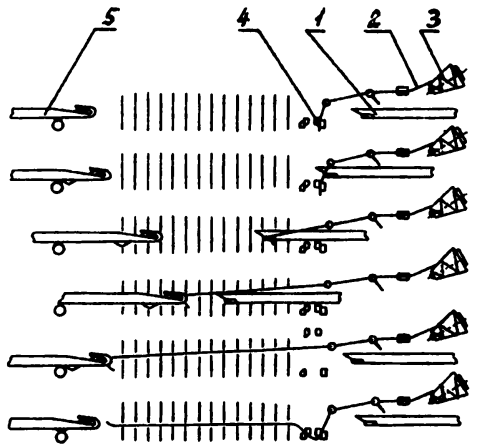


Рис. 1.2.13. Схема прокладывания уточной нити на ткацкой машине с жесткими рапирами

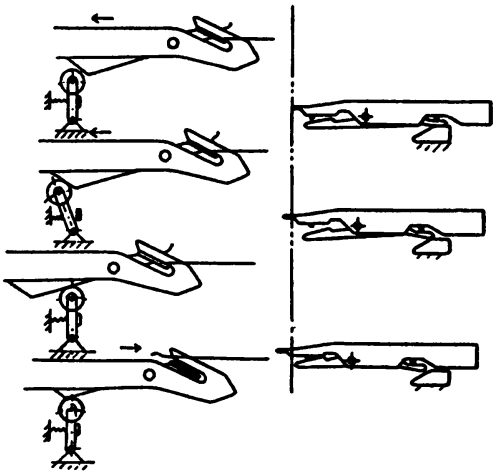


Рис. 1.2.14. Схема раскрытия зажимов головок жестких рапир

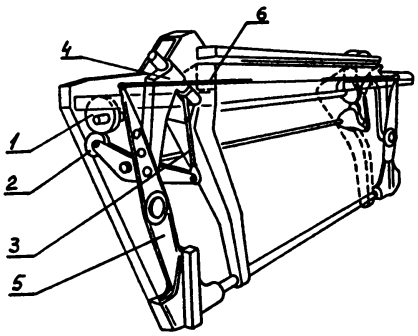


Рис. 1.2.15. Механизм привода жестких рапир

середине зева. Приемная рапира *5* удерживает кончик уточной нити до полного закрытия зева и прибоя, после чего происходит движение рапир относительно упоров, показанное на рис. 1.2.14. Концы уточной нити освобождаются и закрепляются кромочным механизмом перевивочного типа.

Механизм привода жестких рапир приведен на рис. 1.2.15. Закрепленный на главном валу кулачок *1* воздействует на ролик *2* коромысла, от которого движение тягой *3* карданного типа передается угловому рычагу *4*, связанному с направляющим рычагом *5*, который шарнирно соединен с рапирой *6*. На ткацкой машине установлены два однотипных механизма с правой и левой сторон.

В ткацких машинах с гибкими рапирами нитепрокладчиком являются ленты прямоугольного сечения 3÷3,5 × 24÷28 мм. Привод ленты осуществляется гладким или зубчатым колесом. В зависимости от конструкции головки и захватов ленты движутся в зеве по направляющим или скользят по нитям основы. Оригинальный привод гибких рапир ткацкой машины итальянской фирмы Ваматекс с помощью винтовой пары представлен на рис. 1.2.16. Гайка *1* получает движение от кривошипа *2* посредством двух шатунов *3*, установленных по обеим ее сторонам для устранения перекоса. Приводимый во вращение винт *4* с переменным шагом связан с приводным зубчатым колесом *5*, на которое наматывается лента *6*. Привод колеса от кривошипно-шатунного механизма создает в сочетании с изменяющимся шагом винтовой пары благоприятные условия для захвата, разгона и передачи уточной нити. Прокладывание уточной нити на машинах с гибкими рапирами не имеет принципиальных отличий от машин с жесткими рапирами.

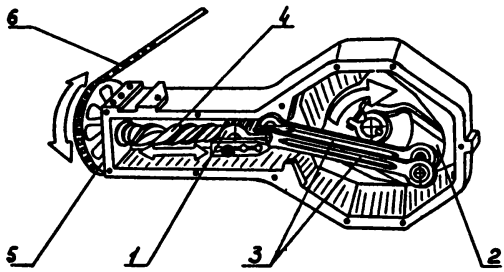


Рис. 1.2.16. Механизм привода гибких рапир

Ткацкие машины с малогабаритными нитепрокладчиками производятся в России и Швейцарии (фирма Зульцер).

Ткацкие машины Р7100 и СТБУ являются универсальными по ассортиментным возможностям. На них вырабатывают хлопчатобумажные, шерстяные, шелковые и льняные ткани бытового и технического назначения из пряжи, нитей и различных смесок, махровые, грунтовые ткани для ковров, упаковочные из полипропиленовых плоских нитей и ткани из стеклонитей. Поверхностная плотность вырабатываемых тканей менее 1000 г/м^2 с диапазоном плотностей по утку 0,630 ÷ 160 нитей/см.

Машины Р7100 выпускают с заправочной шириной 190, 220, 280, 330, 360, 390, 430, 460, 540 см. На этих машинах можно вырабатывать ткани шириной до 33 см. Машины Р7100 оснащены: одноцветным уточным механизмом, двухцветным со смесителем утка и произвольной сменой цвета и четырехцветным механизмом; кулачковым зевообразовательным механизмом на 14 ремиз, каретками с механическим или электронным управлением на 22 секции, жаккардовыми машинами, электронными устройствами и датчиками для управления и контроля работы механизмов машины.

К особенностям конструкции машины серии Р7100, обеспечившим расширение ассортиментных возможностей и повышение производительности, следует отнести:

модульно-блочный принцип их построения;

усовершенствованную конструкцию боевого механизма;

электронное управление торможением прокладчиков утка в приемной коробке;

направляющую гребенку прокладчиков, составленную из двух частей зубьев, выполненную в виде отдельных блоков, установленных на брусе батана;

устройство периодического подтягивания основы в момент прибоя для выработки плотных и тяжелых тканей;

"плавающий" товарный валик с автоматической регулировкой силы прижима;

устройство "розыска раза", срабатывающее автоматически при обрыве уточной нити;

облегченные прокладчики утка с самосмазывающимся материалом корпусов из пластмассы, усиленной углеродными волокнами;

смазочную систему ответственных деталей машины с электронным управлением;

основной регулятор с электронным управлением.

В модели машины указан вид перерабатываемой пряжи (*B* - хлопок, *W* - шерсть, *S* - синтетические нити, *P* - полипропилен, *T* - лубяные волокна), заправочная ширина и модификация механизма смены цвета (1 - одноцветной, 1-1 - смеситель утка, 2 - двухцветный с управлением от зевообразуещего механизма *EP*, каретки *SP*, 4 - четырехцветный с управлением от собственного программатора, каретки или жаккардовой машины - *J*), вид зевообразуещего механизма - *EP*, *SP*, *J* или *JEP* - жаккардовая машина в сочетании с кулачковым зевообразующим механизмом для махровых тканей. Тип нитепрокладчика: *Д*1 (стальной, массой 39 ÷ 40 г) при выработке тканей малой и средней поверхностной плотности, *Д*2 (стальной, массой 52 ÷ 54 г) при выработке тканей большой поверхностной плотности и из фасонных нитей, *К*2 (металлопластмассовый, массой 19 ÷ 21 г) для выработки тканей малой поверхностной плотности, в которых исключается загрязнение ткани маслом. Выпускают две базовые модели машин *EP* и *SP*. Кромки на машинах с малогабаритными нитепрокладчиками закладные, перевивочные и оплавленные.

Машины с малогабаритными нитепрокладчиками СТБУ выпускают семи заправочных ширин: 180, 220, 250, 280, 330, 360, 390 см. Конструктивный ряд ткацких машин СТБУ составляют:

базовые одноцветные модели с максимальной частотой вращения главного вала 400 мин$^{-1}$;

комплекс унифицированных моделей по расширению ассортиментных возможностей, включающих зевообразующие механизмы, механизмы смены цвета утка до шести цветов, механизмы формирования кромок и др.;

комплекс средств автоматизации, контроля и управления технологическими параметрами на базе микропроцессорной техники.

Машины СТБУ, имеющие высокую степень унификации, отличаются от машин СТБ:

ниличием единой универсальной цикловой диаграммы с углом боя 120°;

скоростными параметрами (до 400 мин$^{-1}$) за счет оптимизации законов движения кулачковых механизмов уточно-боевой, приемной коробок, кромочного, батанного и зевообразующего механизмов и входящих в них ответственных деталей;

новыми конструкциями боевого и двухцветного механизмов, коробки ремнзного движения и др.;

станцией управления модульно-блочного типа, кнопочным пуском машины, электронным контроллером прилета прокладчика и др.

В остове установлены передняя и задняя связи повышенной жесткости; привод оснащен сменными шкивами; в боевом механизме использованы оригинальные детали демпферного устройства одного из концов торсионного вала, облегченные гонки; звено, обеспечивающие скорость нитепрокладчика до 34 м/с. Вследствие оптимизации закона движения в конструкции батана в 1,5 - 2 раза снижены контактные нагрузки в паре кулачок - ролик, и, как следствие, крутящий момент и неравномерность вращения главного вала. Оптимизирована конфигурация конструктивных элементов машины, установлены звукопоглащающие экраны и покрытия, обеспечивающие уровень шума до 90 дБ А.

Для смазывания используют масла, наиболее отвечающие скоростному режиму нагруженных механизмов (табл. 1.2.8).

1.2.8. Масла для бесчелночных ткацких машин СТБУ

Точки смазывания	Масло
Уточно-боевая коробка (механизмы верхнего отсека), приемная коробка, кромкообразующие механизмы (правый, левый, средний), коробка ремнзного движения, механизм подачи основы	ИРп-150
Уточно-боевая коробка (нижний отсек), привод батана, двухчетырехцветные механизмы смены цвета с индивидуальным программатором	М-12Г$_1$
Шприцем через пресс-масленки	Фиол-2

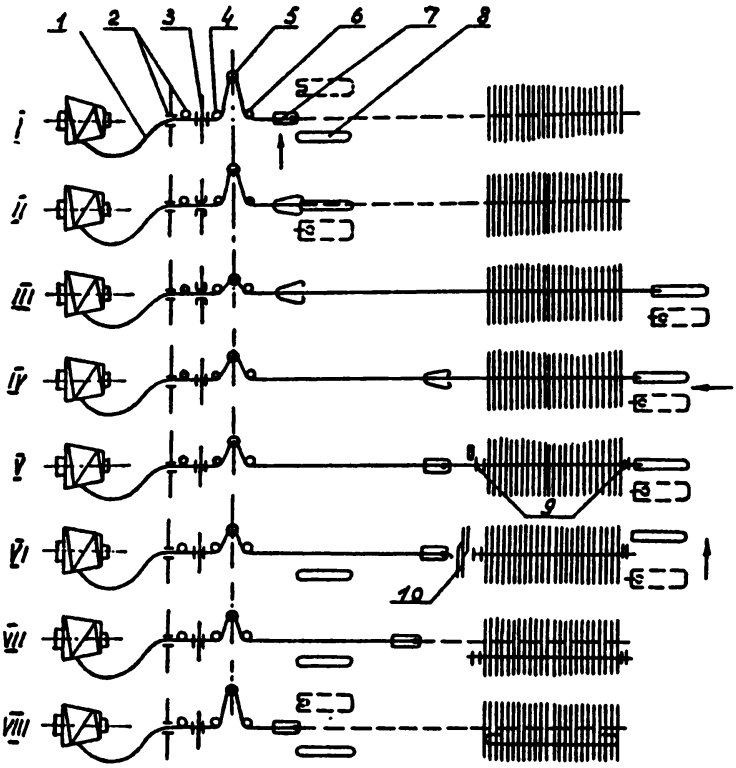


Рис. 1.2.17. Схема прокладывания уточной нити на машинах с малогабаритными нитепрокладчиками

В машинах с малогабаритными нитепрокладчиками используется оригинальный способ введения уточной нити в зев и формирования кромок, принципиально отличающийся от примененного в машинах других типов. Уточная нить *1* (рис. 1.2.17) с неподвижной паковки проходит через глазки *2*, уточный тормоз *3*, глазки *4* - *6* и захватывается зажимами возвратчика *7* утка (поз. *I*). Возвратчик утка в определенный момент цикловой диаграммы передает нить прокладчику *8* (поз. *II*), который, двигаясь по направляющей гребенке, прокладывает ее в зеве. Влетая в приемную коробку (поз. *III*), прокладчик останавливается под действием двух фрикционных тормозов и затем возвращается к кромке ткани (поз. *IV*). Уточная нить со стороны правой и левой кромок захватывается нитедержателями *9* и зажимами возвратчика утка, переместившегося к левой кромке ткани (поз. *V*) и затем со стороны левой кромки отрезается ножницами *10* (поз. *VI*). Нитедержатели *9*, удерживая уточную нить, движутся синхронно с бердом к опушке ткани и выстаивают после прибоя и отхода берда в заднем положении (поз. *VII*). Концы уточин после этого освобождаются из лапок нитедержателей и иглами кромкообразователей закладываются в зев (поз. *VIII*). Одновременно с образованием закладной кромки возвратчик утка с зажатой уточной нитью перемещается в исходное (поз. *I*) положение. Компенсатор *5*, управляемый кулачковым механизмом, движется непрерывно в течение цикла прокладывания уточной нити, выбирая слабину и создавая совместно с уточным тормозом *3* необходимое для выполнения технологических операций натяжение. Уточная нить прокладывается слева направо на всю ширину машины. Возврат прокладчиков из приемной в уточно-боевую коробку осуществляется конвейером цепного типа.

Боевой механизм ткацкой машины СТБУ (рис. 1.2.18) осуществляет разгон прокладчика утка. Для этого используется потенциальная энергия торсионного вала *4*, который предварительно закручивается и удерживается во взведенном состоянии. При этом один конец торсионного вала, связанный с погонялкой *1* и гонком *2*, периодически поворачивается по часовой стрелке и против, а другой - через шлицевую демпфирующую втулку и заводную муфту *5* закреплен в заводной трубе *6*, установленной неподвижно в корпусе уточно-боевой коробки.

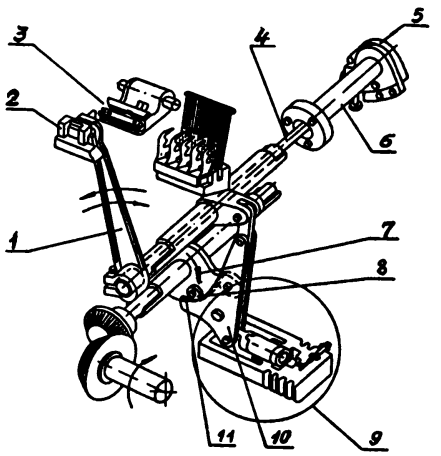


Рис. 1.2.18. Конструктивная схема боевого механизма

Для того чтобы торсионный вал сообщил прокладчику необходимую скорость, боевой механизм в строго определенный момент цикловой диаграммы выводится из положения "силового замка". На боковой поверхности боевого кулачка *7*, осуществляющего закручивание торсионного вала, закреплены ролики *8*, воздействующие на криволинейно очерченные горки *11* трехплечего рычага *10*. Движение боевого механизма после включения в работу торсионного вала происходит независимо от вращения главного вала машины. После отрыва прокладчика *3* от гонка *2* осуществляется торможение механизма. Гашение энергии механизма производится масляным буфером *9* и демпферной шлицевой втулкой, соединяющей конец торсионного вала через заводную муфту *5* с заводной трубой *6*.

Скорость прокладчика (м/с)

$$v = K_v\sqrt{\frac{C\left(\varphi_н^2 - \varphi_т^2\right)}{J_{п\,р}(\varphi_т)} + \omega_0^2\frac{J_{п\,ро}(\varphi_т)}{J_{п\,р}(\varphi_т)}},$$

где K_v - аналог скорости гонка, м; C - жесткость торсионного вала, Н/м; $\varphi_н$, $\varphi_т$ - начальный и текущий углы закручивания торсионного вала, рад; $J_{пр}(\varphi_т)$ - приведенный момент инерции массы боевого механизма к оси торсионного вала, кг·м^2; ω_0 - начальная угловая скорость погонялки на момент начала движения механизма от торсионного вала, рад; $J_{п\,ро}(\varphi_т)$ - приведенный момент инерции массы боевого механизма к оси торсионного вала, соответствующий началу работы механизма от торсионного вала, кг·м^2.

Подставляя начальные предельные по условиям усталостной прочности углы $\varphi_н$ закручивания торсионных валов диаметрами ($d_{т.в}$) 1,6; 1,7; 1,8; 1,9 см, которые равны соответственно 29, 28, 26, 25°, $K_v = 0{,}182$, $\varphi_т = 0{,}295$ и, пренебрегая вторым слагаемым подкоренного выражения ввиду его малости для рассматриваемого конструктивного исполнения боевого механизма, получим скорость прокладчика при влете его в зев:

$$v_н \text{ при } d_{т.в} = 1{,}6 \text{ см} = \frac{2{,}24}{\sqrt{J_{п\,р}(\varphi_т)}};$$

$$v_н \text{ при } d_{т.в} = 1{,}7 \text{ см} = \frac{2{,}47}{\sqrt{J_{п\,р}(\varphi_т)}};$$

$$v_н \text{ при } d_{т.в} = 1{,}8 \text{ см} = \frac{2{,}62}{\sqrt{J_{п\,р}(\varphi_т)}};$$

$$v_н \text{ при } d_{т.в} = 1{,}9 \text{ см} = \frac{2{,}84}{\sqrt{J_{п\,р}(\varphi_т)}}.$$

Конструктивные особенности бесчелночных ткацких машин. Конструктивно-технологическая схема (КТС) показывает расположение во взаимной увязке кинематических схем основных механизмов и конструктивно-заправочной линии (КЗЛ). Под КЗЛ понимают направление движения нитей основы в зависимости от расположения механизмов ткацкой машины по ходу движения основы на участках: ткацкий навой - скало (неподвижное и подвижное), скало - основонаблюдатель, основонаблюдатель - галева ремизных рам, галева ремизных рам - опушка ткани, опушка ткани - грудница, грудница - товарный вал.

Наибольшее распространение на бесчелночных ткацких машинах практически всех типов получила КТС с горизонтальной КЗЛ. На рис. 1.2.19 приведена КТС ткацкой машины СТБ. Основа *1*, сматываясь с навоя *2*, огибает скало *3*, проходит освонаблюдатель *4*, ремизные рамки *5*, бердо *6* и подходит к опушке ткани *7*. Готовая ткань огибает грудницу *8*, вальян *9*, прижимной валик *10*, направляющую скалку *11* и наматывается на товарный вал *12*. На схеме показано расположение связей *13*, *14* передней и задней соответственно и батанного механизма *15*. Схема с горизонтальной КЗЛ позволяет компоновать низкие по высоте ткацкие машины, обеспечивает хороший осмотр и удобство смены навоев и съема товара.

КТС с наклонной КЗЛ используется в пневматических (моделей *P* и *PN*) и гидравлических (моделей *HRA*, *HRA1* и *HU*) ткацких машинах. При выработке тканей на гидравлических ткацких машинах масса ткани существенно возрастает из-за наличия в ней значительного количества воды. Снимаемая с ма-

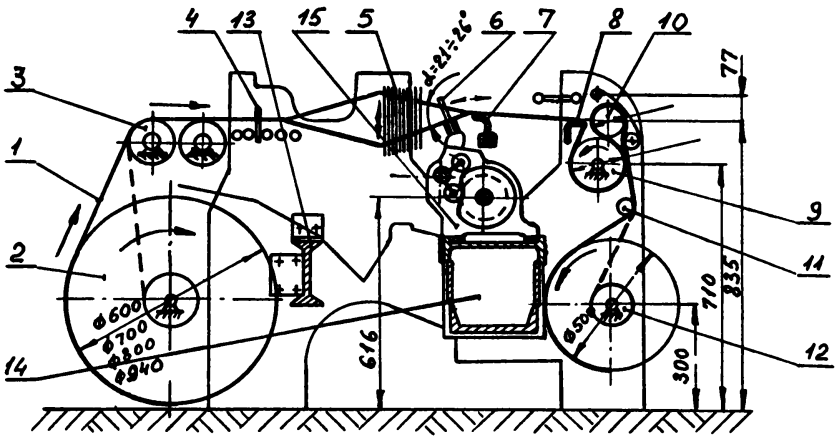


Рис. 1.2.19. Конструктивно-технологическая схема ткацкой машины СТБ

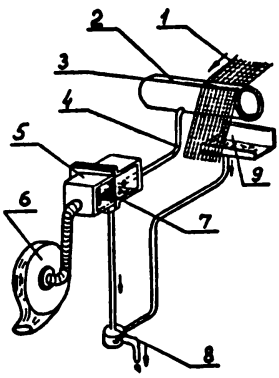


Рис. 1.2.20. Конструктивная схема отсоса воды из ткани на гидравлической ткацкой машине

шины ткань для удобства транспортировки обезвоживается и частично досушивается. Обезвоживание проводится путем отсоса излишка влаги. Дополнительные элементы, вводимые в конструктивно-технологическую схему гидравлической машины по сравнению с пневматической, приведены на рис. 1.2.20. Влажная ткань *1* огибает полую грудницу *2*, на которой имеется продольный паз *3*. Грудница трубкой *4* связана с водным сепаратором *5* и ротационным вакуумным насосом *6*. Под грудницей находится водосборник *9*. Влажный воздух, содержащий капли воды, проходит через фильтр *7* водного сепаратора. Вода, отделенная в сепараторе, вместе с водой из водосборника отводится в дренажный канал через сифонный затвор *8*. В ткани из синтетических волокон, вырабатываемой на гидравлических ткацких машинах, после обезвоживания отсосом остается до 30 % воды, поэтому при движении ткани в течение 20 мин от вальяна до товарного валика происходит ее естественное досушивание в условиях ткацкого цеха.

Особенностями пневматических и гидравлических ткацких машин с наклонной КЗЛ являются сокращение размеров по глубине и одностороннее расположение навоя и товарного вала.

Основными параметрами, определяющими конструктивно-технологические схемы ткацких машин, являются глубина и высота до грудницы. Глубина машины - расстояние между крайними точками товарного вала и навоя - переменный параметр зависит от диаметров товарного вала и навоя и находится для всех типов ткацких машин в пределах 1410 ÷ 2217 мм. Параметр - высота до грудницы - размер от основания машины до грудницы практически неизменен для всех типов ткацких машин (800 ÷ 900 мм).

Батанные механизмы бесчелночных ткацких машин. Назначение - прибивание уточной нити к опушке ткани. Дополнительные функции деталей батанного механизма: направляют движение основных нитей, сохраняя между ними заданное расстояние; служат каналом на пневматических ткацких машинах для прокладывания уточной нити; выполняют функции направляющих при движении прокладчиков утка в зеве на рапирных, пневморапирных ткацких машинах и машинах с малогабаритными нитепрокладчиками. Батанные механизмы бесчелночных ткацких машин приводятся в движение шарнирно-рычажными механизмами или от двух спаренных кулаков.

Шарнирно-рычажный привод применяют на пневматических, гидравлических и некоторых рапирных ткацких машинах, в которых допускается приближенный выстой батана в заднем положении или если механизм прокладывания уточной нити располагается на

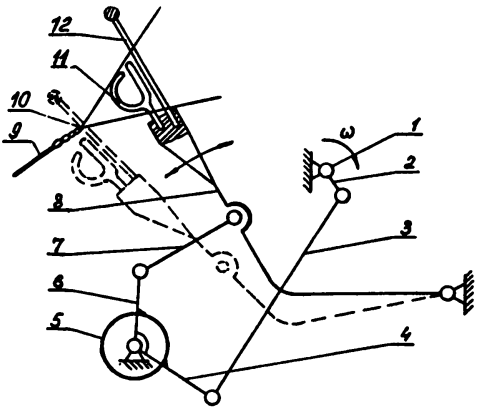


Рис. 1.2.21. Схема батанного механизма пневматической ткацкой машины мод. Р

батане и перемещается вместе с бердом. Преимущества шарнирно-рычажного привода батана по сравнению с кулачковым: простота конструкции; компактность; более высокие скоростные параметры; расширенные допуски на изготовление.

Кулачковый привод используется на рапирных, пневморапирных ткацких машинах и машинах с малогабаритными нитепрокладчиками для получения точного по положению и длительности выстоя батанного механизма.

Схема батанного механизма пневматических ткацких машин модели Р рычажного вида с односторонним приводом приведена на рис. 1.2.21. Движение шатуну *3* передается от кривошипа *2*, закрепленного на главном валу *1*. Шатун *3* через коромысло *4* сообщает качательное движение подбатанной трубе *5*, а от нее - через поводки *6* лопастями батана *7* закрепленному на них брусу *8*. В брусе батана *8* установлен конфузор *11* и бердо *12*.

Приближенный выстой батана в заднем положении составляет 130°. При движении берда *12* к опушке *10* ткани конфузор *11* уходит под наработанную ткань *9*, а нижняя ветвь основы выводит проложенную уточину на линию прибоя. Прибой осуществляется верхней частью берда (положение берда и конфузора при прибое показано штриховой линией).

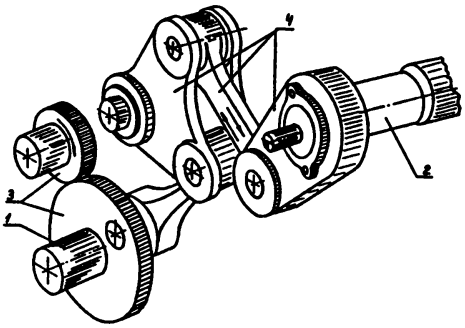


Рис. 1.2.22. Конструктивная схема привода батана пневматической ткацкой машины фирмы Пикаволь

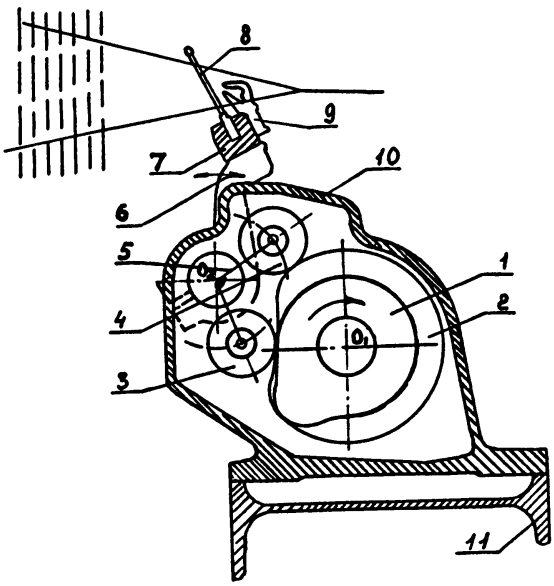


Рис. 1.2.23. Конструктивная схема привода батана ткацкой машины СТБ

На рис. 1.2.22 показано конструктивное исполнение шестизвенного механизма пневматической ткацкой машины AIR TRONIC бельгийской фирмы Пиканоль. Движение подбатанному валу *2* сообщается от главного вала *1* посредством шестеренчатой передачи *3* и кривошипно-шатунного механизма *4*. Привод односторонний и располагается в масляной ванне с левой стороны машины. Конструктивная схема кулачкового привода батана машины с малогабаритными нитепрокладчиками типа СТБ представлена на рис. 1.2.23. Батан получает движение от кулачка *1* сопряженного с ним контркулачка *2*, закрепленных на главном валу O_1. Кулачок и контркулачок через ролики *3*, *4* и вилку *5* сообщают качательное движение подбатанному валу O_2, на котором посредством клеммового соединения закреплены лопасти *6*, несущие брус *7* батана. В брусе *7* батана установлено бердо *8* и размещена направляющая гребенка *9*, по которой движется нитепрокладчик. Кулачковый привод помещен в коробку *10* и работает в масляной ванне. В зависимости от ширины машины на связи *11* установлены три или четыре коробки *10*. Высотой батана на станках типа СТБУ составляет 145°.

Особенностями кулачковых приводов батана от приводов других типов бесчелночных ткацких машин являются: количество и размещение батанных коробок на рамах вместо связи; конструкция подбатанного вала, лопастей, бруса, направляющей гребенки, обусловленная видом нитепрокладчика.

1.2.5. МНОГОФАЗНЫЕ ТКАЦКИЕ МАШИНЫ

На многофазных (многозевных) ткацких машинах (ТММ) процесс формирования ткани происходит непрерывно, т.е. несколько технологических операций (зевообразование, прокладка и прибой уточной нити) выполняются одновременно.

Существует два типа ТММ: ТММ-360, в которой перемещение челнока с уточной шпулей и прибой (подвод и уплотнение) проложенных уточных нитей к опушке ткани осуществляется одним механизмом - тканеформирующим (ТФМ); Контис *С4*, в которой перемещение челнока в зеве основных нитей и вне зева проводится специальной цепной передачей. ТФМ (вращающееся бердо) обеспечивает направление основы и прибой (введение) утка в опушку ткани. Техническая характеристика указанных машин приведена в табл. 1.2.9.

1.2.9. Техническая характеристика многозевных ткацких машин

Параметры	ТММ-360, Россия	Контис *С4*, Чехия
Частота прокидок, утка/мин	500	540
Номинальная ширина, мм	3600	3300
Число:		
циркулирующих челноков	95	56
намотчиков утка	6	16
Скорость челнока в зеве, м/с	1,27	1,8

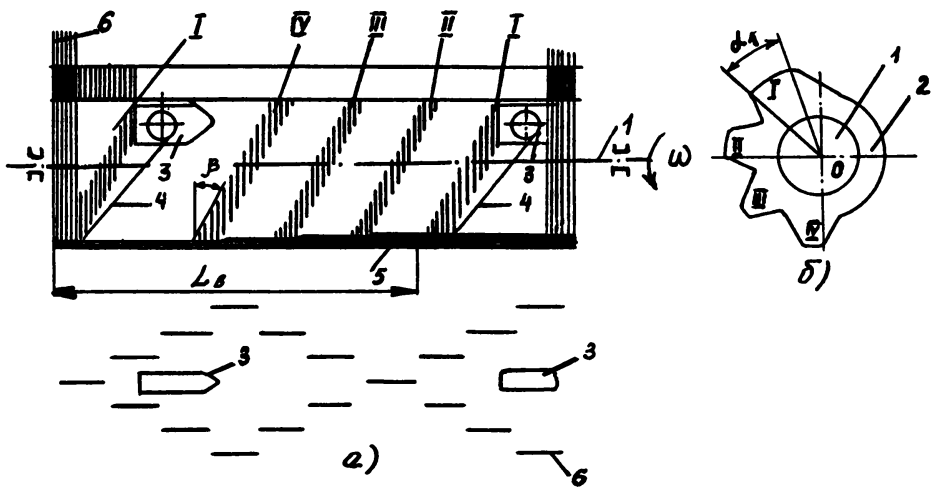


Рис. 1.2.24. Схема тканеформирующего механизма многозевной ткацкой машины типа ТММ-360 (*а*) и тканеформирующая пластина (*б*)

Основным механизмом ТММ является ТФМ роторно-пластинчатого типа. На рис. 1.2.24 представлена схема ТФМ ткацкой машины ТММ-360. На валу *1* набраны тканеформирующие пластины *2* (рис. 1.2.24, *б*) так, что их выступы-зубья *I, II, III, IV* образуют спиральную поверхность с шагом, равным расстоянию между челноками *3* (рис. 1.2.24, *а*). При вращении вала *1* ТФМ зубья *I* пластин *2* приводят в движение челноки *3* и обеспечивают подвод проложенной уточной нити *4* к опушке ткани *5*. Это происходит в фазе открытого зева.

Зубьями *II* уточная нить начинает перемещаться в зоне формирования ткани в условиях перекрытия уточной нити нитями основы *6*. Окончательно уплотняются уточные нити и формируется элемент ткани зубьями *III* и *IV* при максимально раскрытом зеве. Отход уточной нити от опушки ткани ограничивается зубом прибойной пластины. При этом угол, образующий зуб *I* на поверхности прибойной пластины,

$$\alpha_1 = 360\, t_1 / t,$$

где t - шаг винтовой линии ТФМ; t_1 - шаг сборки ремизок зевообразовательного механизма; $t = 2\,(L_r + \delta)$; $t_1 = 2\,(L_r + \delta) / z$; L_r - длина челнока; z - число ремизок, приходящихся на один шаг винтовой линии ТФМ; для ткани полотняного переплетения $z = 12$; $\delta = 5 \div 10$ мм - зазор между мыском челнока и последним зубом на поверхности прибойной пластины; для машины типа ТММ $\alpha_1 = 30°$.

ТММ оснащены кулачковыми зевообразовательными механизмами для выработки тканей полотняного переплетения 1/1 и поэтому они имеют ограниченные ассортиментные возможности. Передаточное отношение между валом ТФМ и кулачковым валом зевообразовательного механизма (ЗОМ) $u = n_{ТФМ}/n_{ЗОМ} = 2$. Время $t_з$ смены зева каждой секции галев в полуволне зева равно времени $t_ч$ прохождения челноком расстояния, равного длине полуволны $L_в$:

$$t_з = \alpha/(6n_{ТФМ});\ t_ч = L_в/v_r;\ t_з = t_ч,$$

где α - угол поворота вала зевообразовательного механизма по циклограмме, соответствующей перемещению секции галев из одного крайнего положения в другое. Скорость челнока $v_r = 6\, n_{ТФМ}\, L_в/\alpha$. Длина полуволны равна шагу t винтовой линии ТФМ: $L_в = t$. При однозаходном ТФМ $m = 1$ и ход винтовой линии $S = mt$, т.е. $S = t = L_в$. Угол подъема средней винтовой линии ТФМ

$$\beta = \operatorname{arctg}\,[L_в / (\pi d_2)],$$

где d_2 - средний диаметр винтовой поверхности ТФМ.

1.2.6. ЛЕНТОТКАЦКИЕ МАШИНЫ

Лентоткацкие машины предназначены для получения тканых лент различных размеров, структур и назначений. В лентоткачестве применяют челночные и бесчелночные (рапирные) машины. Последние составляют бóльшую часть парка лентоткацких машин и являются наиболее перспективными. Процесс образования ленты на бесчелночных лентоткацких машинах аналогичен процессу тканеформирования на обычных ткацких машинах и включает циклически повторяемые три основные технологические операции: образование зева из продольных (основных) нитей, прокладывание поперечной (уточной) нити в зев и прибой уточной нити. Уточная нить на рапирных лентоткацких машинах подается на каждую ленту отдельной рапирой с одной стороны. Только с этой стороны ленты получается так называемая классическая тканая кромка. С другой стороны кромка ленты образуется методом вязания с помощью язычковой трикотажной иглы из одной уточной нити или из уточной нити вместе с одной или двумя дополнительными нитями. На челночных лентоткацких машинах обе кромки ленты получаются тканными.

В зависимости от плотности вырабатываемых лент лентоткацкие машины подразделяются на легкие, средние и тяжелые, а также малогабаритные. На лентоткацких машинах вырабатывают ленты в основном шириной 10 ÷ 300 мм с одновременным изготовлением 2, 4, 6, 8, 12 лент на одной машине. Обычно в обозначении марки лентоткацкой машины цифрами указывается количество и ширина в миллиметрах вырабатываемых лент, например АЛТБ-4/65.

Основными механизмами лентоткацкой машины являются: механизм привода и останова машины, механизм навоя с отпуском и натяжением основы, механизм набора товара, зевообразовательный и батанный механизмы, механизмы прокладки уточной нити и образования кромки ленты. Вспомогательные механизмы лентоткацкой машины - механизмы наблюдения за обрывом основных и уточных нитей, нитенатяжители, механизмы подачи дополнительных и эластичных нитей, отмеривания уточной нити и компенсаторы ее, счетчик метража ленты и др. Основные и вспомогательные механизмы отечественных и зарубежных лентоткацких машин разнообразны по принципам действия и конструктивному исполнению.

На технологической схеме лентоткацкой машины типа АЛТБ (рис. 1.2.25)представлены основные технологические операции формирования ленты. Основные нити сматываются с навоев *1*, затем огибают валики *2* тормоза *3*, стабилизирующего натяжение основы по мере

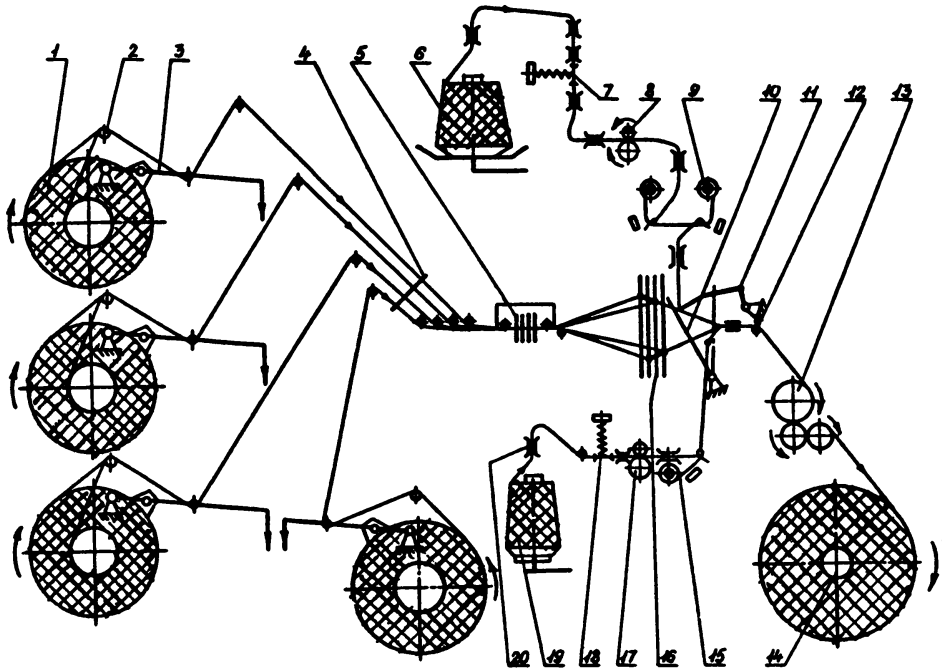


Рис. 1.2.25. Технологическая схема лентоткацкой машины типа АЛТБ

срабатывания навоев. Пройдя через заднее бердо *4* и направитель, нити основы поступают в ламельный основонаблюдатель *5*, затем в галева ремиз *16*, образуя зев, в который прокладывается уточная нить. Последняя, сматываясь с паковки *6*, проходит натяжной прибор *7*, механизм *8* отмеривания уточной нити, компенсатор уточной нити *9* и рапирами *11* прокладывается в зев у опушки ленты, после чего бердом *10* прибивается. Дополнительная нить для формирования кромки ленты сматывается с паковки *19*, проходит направляющие глазки *20*, натяжной прибор *18*, механизм *17* отмеривания нити, компенсатор *15* и поступает в зону формирования кромки ленты. Сформированная лента огибает направляющий валик *12*, товарный регулятор *13* и наматывается на товарный валик *14*.

Образование кромки ленты осуществляется методом вязания одной уточной нити (рис. 1.2.26) или уточной нити вместе с дополнительной нитью, что упрочняет кромку ленты; язычковая вязальная игла *1* полностью выдвинута вперед (рис. 1.2.26, *а*, *б*); при этом рапира *4* движется в зеве основы *2* немного выше вязальной иглы *1*; возвращаясь в исходное положение и захватив уточную нить *3*, вязальная игла *1* тянет ее назад через предварительно полученную петлю (рис. 1.2.26, *в*, *г*); вязальная игла выходит из петли, вытягивая за собой уточную нить, и движется за опушку ленты; после незначительного выстоя в заднем положении вязальная игла движется вперед для захвата следующей уточной нити; на середине хода вперед игла встречается с бердом, который двигает уточную нить к опушке ленты противоположно движению иглы; при этом открывается язычок иглы и при подходе берда к опушке петля уточной нити уходит за язычок иглы, которая приходит в переднее положение несколько раньше достижения опушки бердом.

Далее повторяется цикл прокладывания в зев основы и вязания уточной нити в кромку ленты. Получение качественной кромки ленты зависит от правильного взаимодействия и расположения механизма отмеривания и компенсатора уточной нити, движения рапиры, иглы и берда. Вязаная кромка ленты из одной уточной нити менее прочная, чем кромка ленты, вязаная из уточной нити вместе с одной или двумя дополнительными нитями.

Кинематическая схема лентоткацкой машины предусматривает согласованное взаимодействие передаточных и исполнительных механизмов и изменение основных параметров заправки машины, которые рассчитываются для выработки данного артикула ленты. Изменение кинематики и перенастройка механизмов лентоткацкой машины проводится сменой шестерен и шкивов, а также с помощью вариаторов. Согласованность работы механизмов лентоткацкой машины определяется цикловой диаграммой, в которой определяется действие механизмов машины за цикл движения машины (один оборот главного вала). В табл. 1.2.10 приведена цикловая диаграмма работы механизмов лентоткацкой машины АЛТБ-4/65.

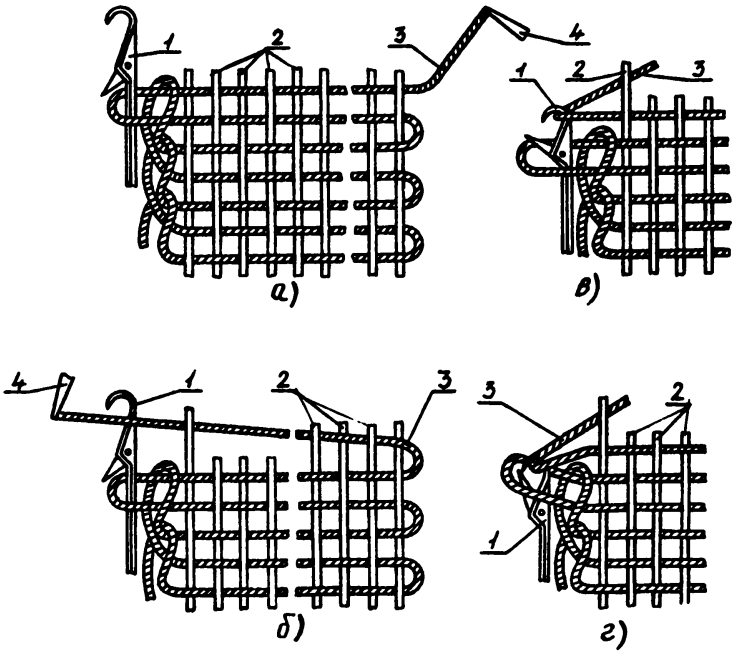


Рис. 1.2.26. Схема образования кромки ленты вязанием уточной нити

1.2.10. Цикловая диаграмма работы механизмов лентоткацкой машины АЛТБ-4/65

Состояние механизма	Угол поворота главного вала, °	
	начало	конец
Батанный механизм		
Прибой	0	0
Движение в заднее положение	0	180
Движение вперед	180	360
Зевообразовательный механизм		
Заступ	330	330
Подъем (опускание)	330	150
Опускание (подъем)	150	330
Рапирный механизм		
Движение рапиры в зев	352	180
Движение рапиры из зева	180	352
Механизм подачи дополнительной нити		
Выстой	0	90
Подъем	90	180
Опускание	180	270
Выстой	270	360
Кромочный механизм		
Движение иглы:		
заднее (к берду)	0	180
переднее (от берда)	180	360

Для выработки лент различного ассортимента, особенно по их ширине, структуре, переплетению и рисунку, создают лентоткацкие машины с большими технологическими возможностями, реализуемыми при использовании универсальных и эффективных зевообразовательных механизмов. Для зевообразования применяют кулачковые механизмы, узорообразующие цепи, механические и электронные жаккардовые машины.

Шуйский машиностроительный завод выпускает лентоткацкие машины типов ТЛ, ТЛБ, ТЛБК, АЛТБ для выработки лент бытового, технического и специального назначения. Зарубежные фирмы: Я. Мюллер (Швейцария), Магеба (Германия), Бонас (Великобритания), ОММ (Италия), Вердоль (Франция) - являются ведущими по выпуску универсальных высопроизводительных лентоткацких машин с широкими технологическими возможностями. В табл. 1.2.11 приведена техническая характеристика двух лентоткацких рапирных машин (марки АЛТБ-4/65 и марки FX-4/45 фирмы Магеба).

1.2.11. Техническая характеристика лентоткацких машин

Показатель	АЛТБ-4/65	FX-4/45
Число лент	4	4
Максимальная ширина по берду, мм	65	45
Раппорт по утку	48	48
Плотность по утку (нитей на 1 см)	5 ÷ 48	3,5÷36,7
Число ремиз	12	16
Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	2200	2250

Высокоэкономичной является выработка лент на ткацких машинах разрезанием полотна ткани на ленточки. Таким способом вырабатываются ленты на широких ткацких машинах фирмы Зульцер, на которых уток прокладывается пластинами-зажимами, а разрезание полотна на ленточки осуществляется на машине проволокой с терморегулятором. Таким же способом на широких рапирных машинах фирмы Я. Мюллер вырабатывают этикетки с их разрезанием и термофиксацией.

Основные тенденции в конструировании лентоткацких машин - создание малогабаритных лентоткацких машин на основе базовой модели с микропроцессорной техникой и максимальной унификацией сменяемых рабочих механизмов, позволяющих производить параметрический ряд универсальных машин различных модификаций, удовлетворяющих разнообразным требованиям потребителей.

1.2.7. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТКАЦКИЕ МАШИНЫ

Специальные ткацкие машины предназначены для получения технических и специфических тканей.

Специальные челночные и бесчелночные ткацкие машины легкого и среднего типов, эксплуатируемые в РФ, классифицируются по назначению на шесть групп для выработки тканей:

льняных, мешочных, паковочных и бортовых из очесовой джутовой пряжи;

хлопчатобумажных, технических (трехслойной кирзы);

хлопчатобумажных, палаточных, для плащей, типа "перкаль";

из стеклянных нитей, полотняного и мелкоузорчатого переплетений;

хлопчатобумажных и льняных махровых тканей и штучных изделий с использованием жаккардовых машин;

ворсовых типа плюша, бархата и искусственного меха.

Все челночные специальные ткацкие машины созданы в РФ на базе машины АТ-100-5М. Технико-экономические показатели специальных челночных и бесчелночных ткацких машин легкого и среднего типа приведены в табл. 1.2.12.

Специальные одночелночные и бесчелночные ткацкие машины тяжелого типа классифицируют по назначению для выработки тканей на пять групп:

брезентовых из льняной и хлопчатобумажной пряжи;

тяжелых технических полотняного переплетения из синтетических волокон и хлопчатобумажной пряжи;

кордной из искусственных или синтетических основных нитей и хлопчатобумажного утка;

тканых сеток с квадратными ячейками;

хлопчатобумажных, синтетических и льняных пожарных рукавов и чехлов.

Первая группа тканей вырабатывается на специальной челночной ткацкой машине АТ-100-ЛБ1, которая является конструктивной базой тяжелых челночных ткацких машин. Эта машина имеет усиленные остов и механизмы отпуска основы. Для обеспечения необходимого натяжения основных нитей, требуемого для формирования брезентовых тканей, в технологической схеме заправки (рис. 1.2.27) предусмотрены система из трех скал *1* и ценовые прутки *2* для точного распределения нитей. Готовое полотно ткани *3* проходит по груднице *4*, поступает на вальяны *5* и наматывается на товарный валик *6*, который прижимается к ведущему вальяну пружиной *7*, что обеспечивает правильность намотки ткани под большим натяжением.

1.2.12. Техническая характеристика специальных ткацких машин

Модель	Заправочная ширина, см	Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	Плотность тканей по утку, нитей/см	Диаметр фланцев навоя, мм	Максимальный диаметр намотки ткани на товарный валик, мм	Габаритные размеры машины, мм			Масса, кг	Мощность электродвигателя, кВт
						ширина	глубина	высота		
Машины легкого и средего типа										
Челночные машины										
АТ-120-ЛМ	120	200	3,2÷8,8	600	360	2580	1525	1504	1600	1,1
АТ-140-ЛМ	140	180	3,2÷8,8	600	360	2780	1525	1504	1650	1,1
АТТ-120-5М	120	200	7,5÷68,0	600	300	2548	1495	1300	1520	1,1
АТТ-160-5М	160	120	7,5÷68,0	600	300	2915	1495	1300	1650	0,8
АТ-100-5П	100	220	38÷51	550	300	2330	1470	1850	1220	0,8
АТ-100-6МС	100	200	5÷45	450	300	2360	1462	1652	1375	0,8
АТТ-120-С	120	180	3÷20	550	350	2656	1524	1524	1600	1,1
АТМ-175	175	135	10÷30	600	400	3345	1707	2155	2400	1,1
ТВ-160-ШЛ	160	100	10÷40	700	300	3400	2000	2100	3250	1,0
Бесчелночные машины										
АТПР-120 ЛМ	120	330	2,4÷12,0	650÷750	400	2990	1580	1500	1750	2,2
СТБ2-250 ПЛ	250	210	3,6÷7,0	700÷800	500	4350	1935	2300	2760	3,0
СТБТ-1-220	220	220	2,5÷25,0	800	1000	4040	3164	2560	4100	4,0
СТБТ-250	250	220	2,5÷25,0	800	1000	4340	3164	2560	4800	4,0
Р1-190-Э10	190	400	20÷120	800	400	4200	2300	1000	4000	4,0
АТПР-100-4С	100	340	4÷32	650	350	2532	1500	1500	1700	2,2
СТБУ-М1-180	180	340	10÷30	800	400	3760	1975	4200	2825	3,5
АТПРВ-160	160	165	10÷40	600	400	4300	1850	2615	3500	5,5
АТПРВ-160-1	160	180	10÷40	1000	600	4028	2980	2585	4620	3,0
АТПРВ-160-1Б	160	250	10÷40	800	600	4300	2980	2585	4900	5,5
Зарубежные машины										
P 7100 (T)	220	360	0,83÷181,5	800	500	4448	2010	2300	3300	4,25
P 7100 (S)	190	380	2÷120	800	500	4169	2010	2300	3000	4,25
PN 130 FS	130	130	2,7	800	600	2460	1810	1640	1420	2,2
Velvet Master	175	400	16÷40	1000	1200	4800	5600	2800	5500	4,0
PZ	160÷180	300	16÷40	1000	1100	4650	5450	2600	5000	4,0

Продолжение табл. 1.2.12

Модель	Заправочная ширина, см	Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	Плотность тканей по утку, нитей/см	Диаметр фланцев навоя, мм	Максимальный диаметр намотки ткани на товарный валик, мм	Габаритные размеры машины, мм			Масса, кг	Мощность электродвигателя, кВт
						ширина	глубина	высота		
Машины тяжелого типа										
Челночные машины										
АТ-100-ЛБ1	100	170	6,4÷12,7	600	400	2500	1740	1826	2150	2,2
АТ-120-СБ	120	160	3,2÷6,4	765	950	3096	3453	1580	5820	3,0
АТ-160-СБ	160	140	3,2÷6,4	765	950	3496	3453	1580	6039	4,0
АТ-200-СБ	200	120	3,2÷6,4	765	950	3863	3453	1620	6328	5,5
АТ-250-СБ	250	110	3,2÷6,4	765	950	4396	3453	1620	6971	5,5
АТ-175-К1	175	160	0,8÷11	Шпулярник	1000	3155	3402	1322	2750	3,0
ТП-100-М1	100	65	38,5÷800	545	340	2700	2100	1800	3200	2,2
ТКП-110-У	Внутренний диаметр ткани 51÷115 мм	60	1,2÷3,3	600	1200	2600	2600	3323	7300	3,0
Бесчелночные машины										
СТР-100-М	100	100	40÷700	545	340	3180	1800	1900	3200	2,2
Зарубежные машины										
CT-C/SB	112	170	6,0÷15	805	500	2800	1773	1900	2150	2,2
CT-C/SBZ	188	180	4,0÷6,0	805	1200	3449	3448	1650	5520	3,0
Jager	100	85	400÷700	600	300	3940	2120	2000	3260	2,2
P7100 (T)	190	340	0,83÷181,5	940	1200	4169	2010	2560	4400	4,25
PW4	Внутренний диаметр ткани 51÷115 мм	100	1,2÷4	800	1700	2800	2600	3323	6935	3,0

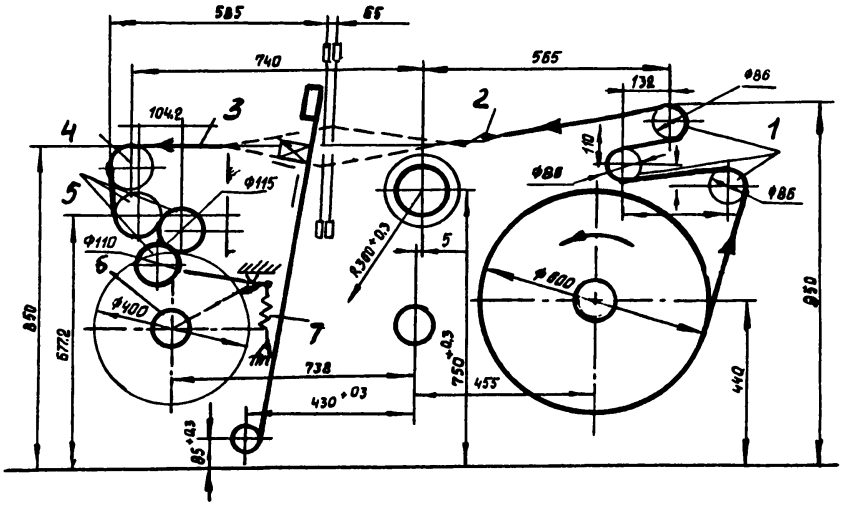


Рис. 1.2.27. Технологическая схема заправки ткацкой машины АТ-100-ЛБ1

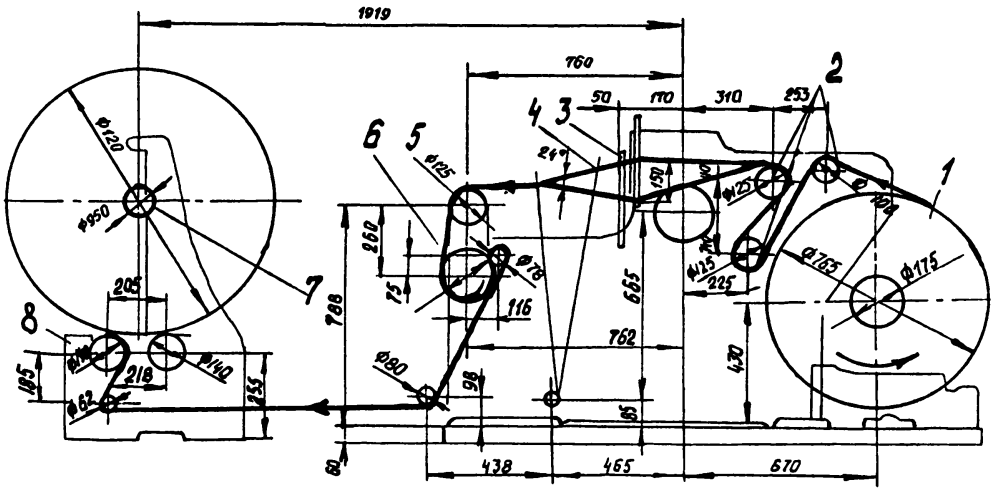


Рис. 1.2.28. Технологическая схема заправки ткацкой машины АТ-120-СБ

Вторая группа тканей вырабатывается на специальных автоматических ткацких машинах АТ-120-СБ, АТ-160-СБ, АТ-200-СБ, АТ-25-СБ. Технологическая схема заправки этих машин представлена на рис. 1.2.28. Основные нити подаются от навоя *1* через систему скал *2*, ремизки *3*, бердо *4* в зону формирования ткани. Ткань огибает грудницу *5*, вальян *6* и наматывается на товарный валик *7* выносной стойки *8*.

Третья группа тканей вырабатывается на специальной челночной ткацкой машине АТ-175-К1, созданной на базе челночных машин СБ. Оригинальная технологическая схема заправки машины представлена на рис. 1.2.29. Основа сматывается со шпулярника *1* механизмом подачи основы *2*. Основные нити проходят основонаблюдатель *3*, ремизные рамки *4*, бердо *5* и поступают в зону формирования ткани. Готовая ткань огибает грудницу *6*, вальян *7* и наматывается на товарный валик *9* товарной стойки *8*.

Четвертая группа тканей вырабатывается на модернизированной челночной ткацкой машине ТП-100-М-1, а также на рапирной ткацкой машине СТР-100-М. Последняя оснащена приводом с электромагнитной муфтой для рабочей скорости и приводом тихого хода для проведения наладочных работ. Управление машиной - кнопочное. Прокладка утка осуществляется жесткой рапирой, проходящей через всю заправочную ширину станка

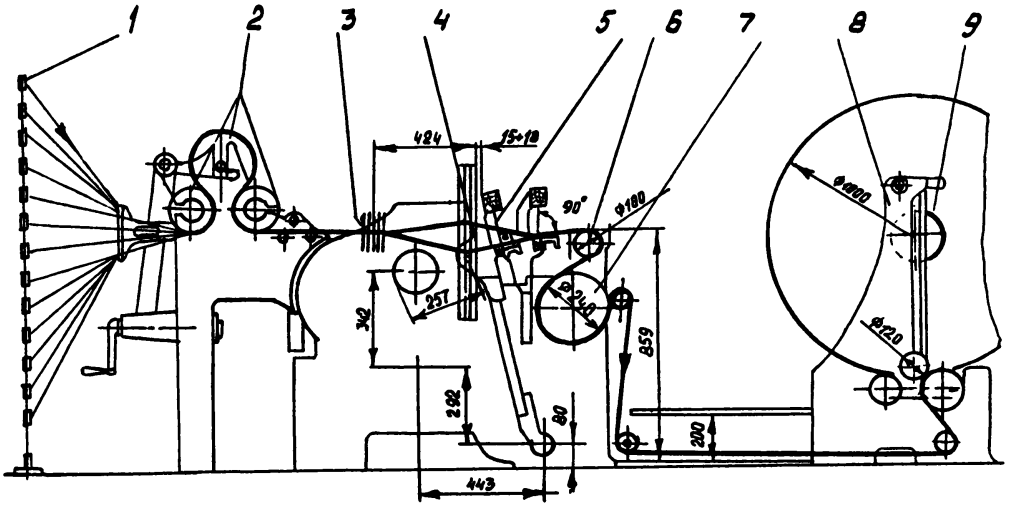


Рис. 1.2.29. Технологическая схема заправки ткацкой машины АТ-175-К1

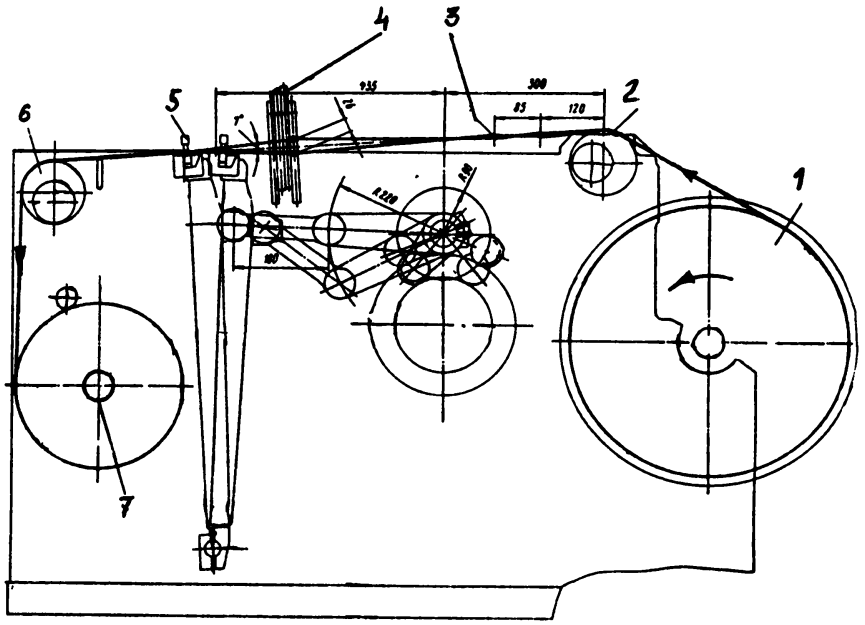


Рис. 1.2.30. Технологическая схема заправки рапирной ткацкой машины СТР-100 -М

справа-налево вхолостую, а затем слева-направо с концом уточины. Уточная заправочная линия без перегибов; сетка вырабатывается с ложными кромками, отрезаемыми на машине посредством специальных ножниц. Сматывание уточной проволоки осуществляется с катушки, расположенной в специальном баллоногасителе. Прибой уточины осуществляется батанным механизмом с двойным прибоем. Привод батана - кулачкового типа. Зев образуется кулачковым зевообразующим механизмом с индивидуальным приводом на каждую ремизку. Технологическая схема заправки машины СТР-100-М представлена на рис. 1.2.30. Основа сматывается с навоя *1*, огибает скало *2*, проходит ценовую рамку *3*, ремизные рамки *4* и бердо *5*. Сформированная сетка поступает на вал-грудницу *6* и наматывается на товарный валик *7* большого диаметра.

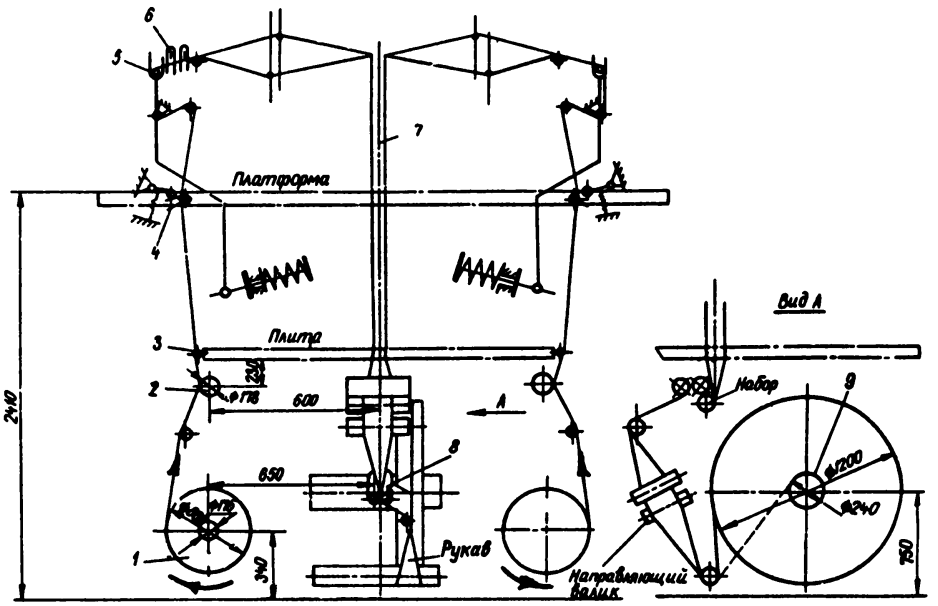


Рис. 1.2.31. Технологическая схема заправки круглоткацкой машины ТКП-110 -У

Пятая группа тканей - пожарные рукава и чехлы к ним - вырабатывается на круглоткацкой машине ТКП-100-У; технологическая схема заправки машины представлена на рис. 1.2.31. Основа навоя *1* направляется через каландр *2*, хрусталики *3*, расправитель *4*, качающееся скало *5*, ламельный прибор *6* к ремизкам в зону формирования ткани. Готовая ткань проходит через центральную трубку *7* к намоточной головке *8* и наматывается на товарный валик *9*.

1.2.8. МЕХАНИЗМЫ И УСТРОЙСТВА МАШИН ТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Зевообразовательные механизмы (ЗОМ)*. Они с помощью галев ремизок перемещают нити основы и образуют своеобразный канал - зев для размещения в нем уточной нити, проложенной любым способом. Зевообразовательные механизмы разделяют на три группы: кулачковые - для выработки тканей главных переплетений (полотняного, саржевого, сатинового) и производных от них; ремизоподъемные каретки - для 12, 16, 20, 25 и, как исключение, для 33 и 45 ремизок (мелкоузорчатые переплетения); жаккардовые машины, которые управляют группами галев таким образом, что можно выполнить в ткани любой рисунок (крупноузорчатые переплетения). ЗОМ состоят из привода, ремизного движения (исполнительный механизм) и механизма рисунка (программатора). По способу замыкания кулачков и роликов в приводе различают кулачковые ЗОМ с геометрическим и силовым замыканием. Геометрическое замыкание кулачков и роликов обычно выполняют с помощью пазовых или парных соосных кулачков (машины типа СТБ, АТПР, рис. 1.2.32). Ремизная рамка *10* получает движение от кулачков *1* и трехплечего рычага *2* с роликами A и A_1 через звенья *3* - *9*, *7* - *9*. В кулачковых ЗОМ с силовым замыканием подъем и опускание ремизки происходит за счет прижатия ролика к кулачку пружинами *11*.

Механизм ремизного движения (МРД) с силовым замыканием может включать гибкие связи в виде специальных тросиков. В этом случае соотношение жесткостей ведомых звеньев K_1 и замыкающей пружины K - $n = K_1 / K$ существенно меньше этого соотношения для МРД с жесткими связями, которые представляют собой стальные полые тяги и литые или штампованные угловые рычаги, где $n \geq 100$, что способствует потере контакта между роликом и кулачком и искажению закона движе-

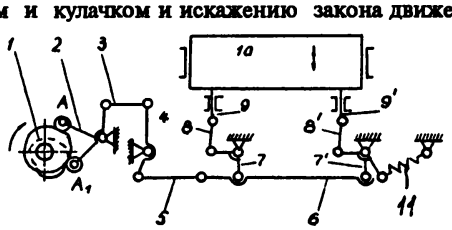


Рис. 1.2.32. Кинематическая схема кулачкового зевообразовательного механизма

* Материал подготовлен В. И. Терентьевым.

ния ремизки. Однако использование упругих связей значительно снижает металлоемкость и инерционную нагрузку на звенья и привод ЗОМ. По этой причине на скоростных пневматических машинах фирм Цудакома (Япония) и Пиканоль (Бельгия) используются ЗОМ с упругими связями и силовым замыканием. Колебания ремизок в процессе зевообразования не оказывают существенного влияния на надежность прокладки утка струей воды или воздуха. На скоростных ткацких машинах с прокладкой утка рапирами и малогабаритными прокладчиками различных типов предпочтительно использовать ЗОМ с геометрическим замыканием и жесткими связями, где $n \geq 100$ (машины фирм Зульцер, Пиканоль). При одинаковых параметрах ЗОМ нагрузка в кулачковой паре привода при силовом замыкании почти в 2 раза больше аналогичной нагрузки в случае использования кинематического замыкания. Для выбора пружин силового замыкания большинство фирм используют номограммы.

Проектирование ЗОМ включает следующие основные этапы: выбор типа ЗОМ; определение размеров зева; расчет циклограммы и закона движения ремизок. Тип ЗОМ зависит в основном от ассортимента вырабатываемой ткани и габаритных размеров ткацкой машины. Угол зева γ и ход батана зависят от размеров нитепрокладчика и зазоров между нитепрокладчиком и нитями основы. Для челночных машин обычно принимают $\gamma = 20°$ при выработке хлопчатобумажной ткани; $\gamma \leq 20°$ при переработке шелка; $\gamma \geq 20°$ при переработке шерсти; для пневморапирных машин типа АТПР $\gamma = 30°$; для микрочелночных машин типа СТБ $\gamma = 21 \div 28°$; для рапирных машин типа СТР $\gamma = 23 \div 28°$; для пневматических и гидравлических машин $\gamma = 20 \div 28°$.

Размах движения i-й ремизки

$$H_{pi} = H_i + y_1 + y_2,$$

где y_1 - высота отверстия глазка галева; y_2 - зазор между планкой ремизки и галевом; H_i - высота зева.

Для ткацких машин с любым принципом прокладки утка расчет циклограммы заключается в определении: фазовых углов (длительности) подъема и опускания ремизки (для скоростных машин движение ремизок осуществляется без выстоя в крайних положениях); максимальной высоты зева H_{max}; координат контрольных точек, через которые должны проходить нити основы (ремизки) в моменты входа в зев и выхода из зева прокладчиков утка. Начало координат принимается в точке начала перемещения ремизки из крайнего нижнего положения.

Закон ускорения ремизок рекомендуется выбирать в виде обобщенной тригонометрической функции

$$a(\varphi) = A\sin(B\varphi + C),$$

где φ - угол поворота кулачка привода ЗОМ; A, B, C - коэффициенты, получаемые с помощью контрольных технологических точек.

Ремизоподъемные каретки (РК) проектируют по схеме, аналогичной схеме проектирования кулачковых ЗОМ. Большинство РК являются двухподъемными и образуют открытый зев. Ножевые двухподъемные каретки открытого зева основаны на принципе каретки типа Гаттерслей (Великобритания). Коромысловые каретки, примером которых могут служить каретки фирмы Штойбли (Швейцария, модель 2212) и фирмы Серра (Испания), являются значительным усовершенствованием каретки типа Гаттерслей. Ножевые РК могут работать при частоте вращения главного вала машины около 300 мин$^{-1}$, не обеспечивая скоростного режима современных ткацких машин.

Развитие конструкций РК в основном целесообразно в направлении создания ротационных кареток, в которых принцип однонаправленного вращения силового привода сочетается с принципом двухподъемности. При этом вращение главного вала (ротора) каретки преобразуется в возвратно-поступательное движение ремизки с помощью программаторов, основанных на двух принципах действия: 1) управление планетарной муфтой переключения программы зевообразования с помощью

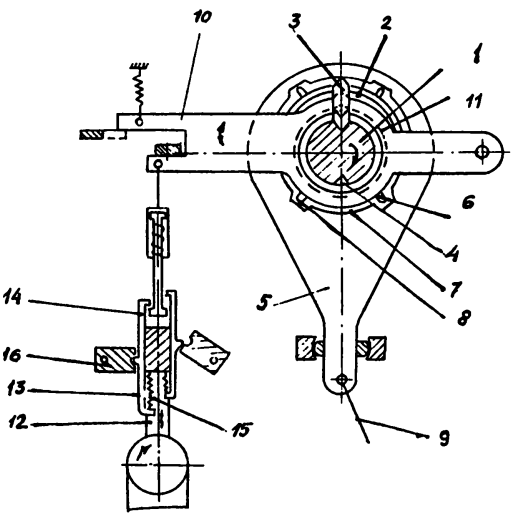


Рис. 1.2.33. Схема ротационной каретки типа 1430 фирмы Штойбли

1.2.13. Техническая характеристика ремизоподъемных кареток

Показатель	Штойбли-330, Швейцария, СКН-14/18, Россия	Штойбли-2212, Швейцария	Штойбли-2430, Швейцария	КРУ-14/20, Россия
Конструктивный тип	Гаттерслея (ножевая)	Гаттерслея (ножевая)	Ротационная	Ротационная
Способ переключения программы	Следящий пружинно-гравитационный	Следящий пружинный		Жесткий
Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	260	500	500	400
Программоноситель	Обычная лента	Колышки, шаг 36 мм	Обычная лента или электронное управление	Обычная лента
Число ремизок с шагом 12 мм	24	16	До 28	20

фиксаторов - собачек (РК КРУ-14/20, СКР-14/20); 2) управление эксцентриковым блоком привода ремизок с помощью клина или двойной клиновой системы (РК Штойбли 2430, Цангс 440 и Мютроник 4000).

Но рис. 1.2.33 показана схема ротационной каретки фирмы Штойбли. Ведущий вал *1* вращается с замедлением через 180°. На нем свободно установлен эксцентрик *2* с радиальными пазами, в которых расположены клиновые фиксаторы *3*. На валу *1* имеются два клиновых паза *4*, в которые может заходить конец фиксатора. Эксцентрик *2* охватывается шатуном *5*, на котором жестко закреплены с помощью пальцев *6* полукольца *7*, образующие пазы *8*.

Фиксатор может соединять вал с эксцентриком или эксцентрик с шатуном. В первом случае движение вала через эксцентрик, шатун и тягу *9* передается ремизке, во втором - ремизка выстаивает. Положением клина управляет рычаг *10*, имеющий кольцевой венец *11*, взаимодействующий с клином. Считывающие иглы *12* располагаются в планках *13*, имеющих выступы *14*. Планки нагружены пружинами *15*. Ножи *16* совершают качательное движение относительно неподвижных осей. Техническая характеристика РК приведена в табл. 1.2.13.

Жаккардовые машины (ЖМ)* предназначены для образования зева на ткацкой машине с целью выработки крупноузорчатых тканей. Машина (рис. 1.2.34) состоит из остова *11*, *14*, *15* механизмов: *16* - *26* привода машины; *9*, *10*, *12*, *13*, *27* - *33* подъема и опускания основных нитей; *34* - *42* рисунка; дополнительных - розыска "раза"; сокращения количества карт; образования кромок; обратного хода призмы; принудительного быстрого прямого и обратного движения картона; смены "цвета" утка и др.; оснастки (уборки); специальных приспособлений и ограждений. ЖМ управляет движением в вертикальном направлении каждой основной нити *43*, или множества групп одинаково переплетающихся нитей по ширине ткани с целью образования одного или нескольких зевов, что позволяет вырабатывать ткани с большим разнообразием ткацких узоров. Их изготовляют для образования закрытого, полуоткрытого и открытого прямого и косого зевов.

Число управляемых разнопереплетающихся основных нитей определяется количеством A крючков *2* в ЖМ и зависит от расстояний (делений) t между центрами считывающих рисунок игл *5* (рис. 1.2.35). ЖМ выпускают крупного (t = 6,5; 6,83 мм; A = 104; 208; 308; 408; 448; 612 крючков); среднего (t = 4,64; 5,75 мм; A = 432; 656; 800; 880; 896; 1200; 1320 крючков); мелкого (t = 2,85; 3,99; 4,3 мм; A = 896; 1200; 1320; 1344 крючков) и мельчайшего (t = 2,603 мм; A = 896; 1344; 1792 крючков) делений.

ЖМ крупного и среднего делений имеют большие габаритные размеры и большую массу. Их применяют для выработки тяжелых и средних (по массе) тканей с несложным рисунком. Получили широкое распространение ЖМ мелкого и мельчайшего делений для выработки мебельных, плательных, махровых, ковровых и других тканей. Крючки и считывающие иглы на этих машинах значительно тоньше, чем на других; отношение U между

* Материал подготовлен А. А. Туваевой.

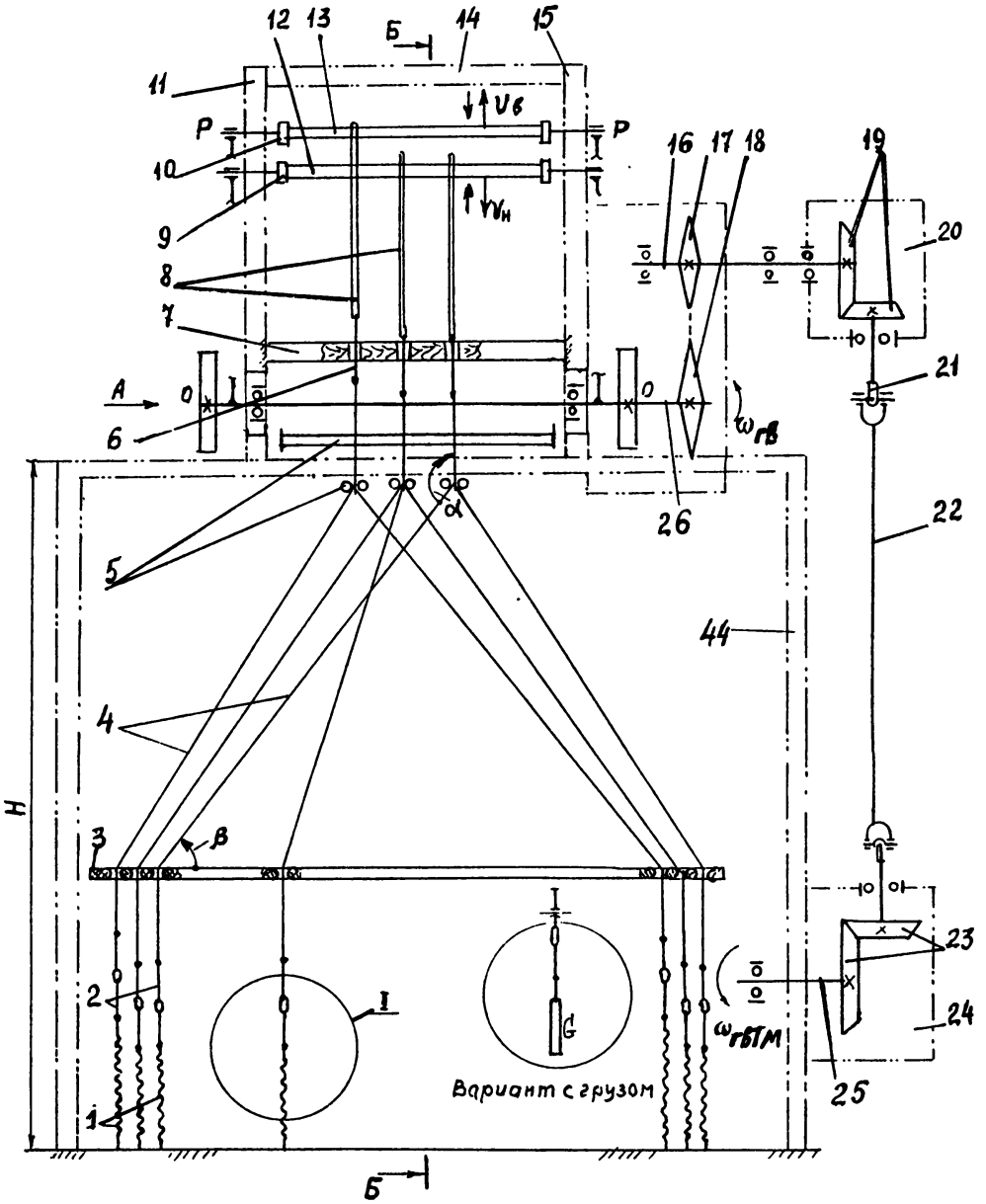


Рис. 1.2.34. Кинематическая схема двухподъемной жаккардовой машины открытого косого зева мельчайшего деления типа *Z*-348 фирмы Цангс

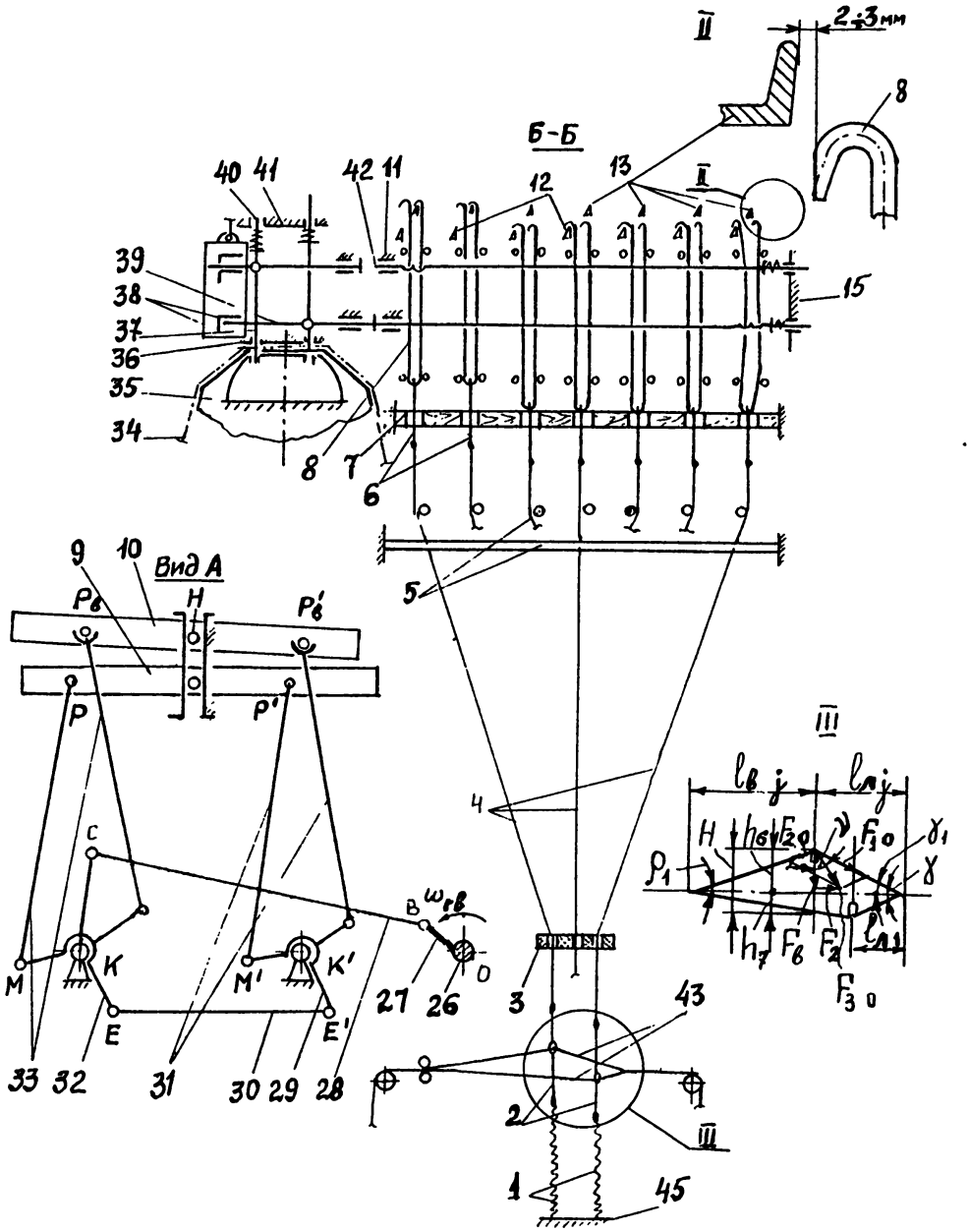


Рис. 1.2.34. Продолжение

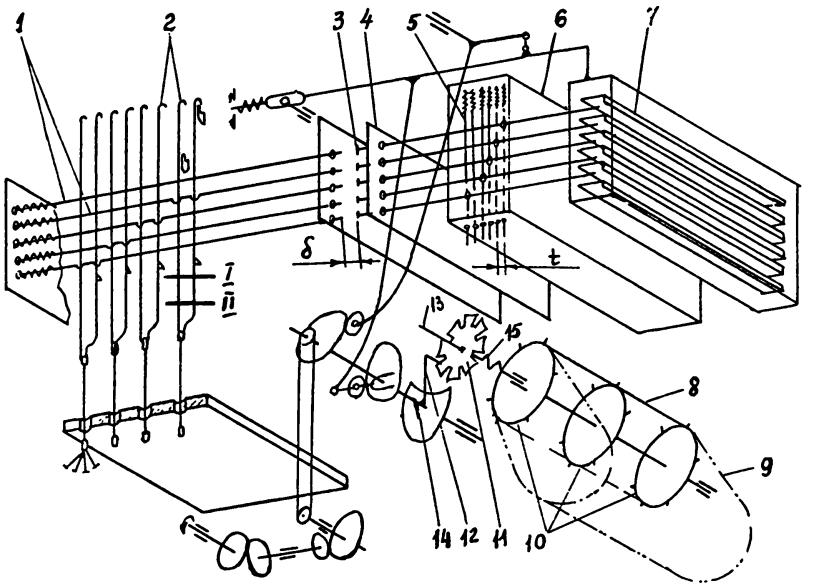


Рис. 1.2.35. Кинематическая схема механизма рисунка жаккардовой машины мельчайшего деления типа *Z*-348 фирмы Цангс и типа Антарес фирмы Вердоль

диаметром отверстия d в картоне и толщиной b прощупывающей иглы $U = d / b = 3{,}43$. В машинах иного деления это отношение $U = 2 \div 2{,}9$, поэтому на этих машинах требуется более высокая точность считывания иглами сигнала на картоне. ЖМ мельчайшего деления компактны и менее энергоемки, чем иные. Потребляемая ими мощность $N = 1{,}6 \div 2$ кВт. В механизме рисунка этих машин для управления горизонтальными иглами *1* и крючками *2* применяют толкатели *3*, которые проходят через отверстия решетки *4* и дополнительный игольный прибор *5*, *6* (см. рис. 1.2.35) вместо призменного устройства, применяемого на машинах других делений. Вал призмы *8* приводится в движение мальтийским механизмом *11* - *14* посредством упругой муфты *15*.

ЖМ крупного, среднего и мелкого делений могут быть с одной призмой (одновальные) и двумя призмами (двухвальные), работающими поочередно. В двухвальных цикл работы одной призмы происходит за два оборота главного вала ТМ, поэтому поворот призм происходит медленнее, условия считывания информации в этом случае лучше. Эти устройства требуют точной синхронизации работы и установки призменных механизмов.

Рабочие органы ЖМ могут совершать полный цикл движения за один (одноподъемные) или за два (двухподъемные) оборота главного вала ТМ. В одноподъемных машинах основная нить управляется одним крючком, в двухподъемных машинах - двумя или одним спаренным, которые работают попеременно так, что один крючок перемещается при каждом нечетном обороте главного вала ТМ, а другой - при каждом четном. Крючки изготовляют путем гибки из стальной проволоки диаметром 2 - 3 мм с временным сопротивлением на растяжение 850 ÷ 890 МПа. Они отличаются конструкцией головок, носиков, переходов от одной ветви к другой; работают с периодическими и непериодическими циклами нагружения при различных уровнях напряжений в циклах. При посадке на рамную доску и в моменты подхвата движущимися ножами они испытывают удары. Напряжения изгиба в опасном сечении в эти моменты достигают 250 ÷ 280 МПа. Наиболее нагруженными являются сечения *I* и *II* крючка *2* (см. рис. 1.2.35). С целью снижения динамических нагрузок на крючки рекомендуется снижать скорость ножей в моменты подхвата крючков и при посадке их на рамную доску. Предельно допустимая скорость удара крючка о рамную доску 0,3 ÷ 0,4 м/с. Крючки *8* поднимаются и опускаются встречно движущимися группами ножей *12* и *13* (см. рис. 1.2.34), набранных в ножевые рамы. При одинаковых перемещениях крючков их ускорения в двухподъемных ЖМ значительно меньше, чем в одноподъемных, поэтому двухподъемные ЖМ для открытого косого зева работают с бóльшей скоростью (до 360 прокидок утка в минуту), чем другие виды машин. Аркатные шнуры на них изнашиваются меньше потому, что движутся только те из них, которые меняют положение в соответствии с рисунком ткани.

Ткацкая установка для выработки жаккардовых тканей состоит из одной или нескольких (в зависимости от ширины и плотности вырабатываемой ткани), одинаковых или разных ЖМ. Типоразмер ЖМ, устанавливаемой на ТМ, и число крючков в ней определяют путем подбора по условию $k \le A$, где k - необходимое число крючков для выработки ткани заданного рисунка; A - число крючков в ЖМ (например, если используется ЖМ мелкого или мельчайшего деления, то величина A выбирается из ряда: 896; 1344; 1792; 896+896; 896+1344; 896+1792; 1344+1344; 1344+1792; 1792+1792).

Необходимое число крючков

$$k = (S_{\text{ф}}\, P_{\text{о.ф}} / [n_{\text{ф}}]) + (S_{\text{к}}\, P_{\text{о.к}} / [n_{\text{к}}]),$$

где $S_{\text{ф}}$, $S_{\text{к}}$ - заправочная ширина фона и кромок ткани соответственно, см; $P_{\text{о.ф}}$, $P_{\text{о.к}}$ - плотность по основе фона и кромок ткани соответственно, число нитей на 1 см; $[n_{\text{ф}}]$, $[n_{\text{к}}]$ - допустимое число аркатов, подвешиваемых на обычный (фоновый) и усиленный (кромочный) крючок соответственно, которое зависит от допустимой нагрузки. Допустимая нагрузка на фоновые крючки для ЖМ мелкого и мельчайшего делений равна 7 ÷ 8 Н.

ЖМ устанавливают над ТМ на высоте H = 2,5 ÷ 3 м, на специальных платформах *44* (см. рис. 1.2.34). От высоты H зависят углы β наклона аркатных шнуров *4* к плоскости заправки основы, которые влияют на перемещение шнуров и углы α огибания шнурами направляющих прутков *5* распределительной решетки, а также кассейной доски *3*. Чем выше установлена ЖМ, тем меньше углы β и α, равномернее движутся шнуры и меньше их износ.

Механизм привода ЖМ может быть лево- или правосторонним. Движение от вала *25* ТМ к входному валу *16* ЖМ передается цепной передачей или карданным валом *22* с двумя парами конических зубчатых колес *19* и *23*. Главный вал *26* вращается в 2 раза медленнее главного вала ТМ, а карданный - в 2 раза быстрее с целью уменьшения крутящего момента, передаваемого им.

Механизм подъема и опускания основных нитей выполняют в виде одной центральной или двух периферийных, симметричных относительно рам остова механических передач, как это выполнено на скоростных ЖМ Антарес фирмы Вердоль (Франция), *Z*-348 фирмы Цангс (Германия). Механизм состоит из привода ножевых рам *27* - *33* (см. рис. 1.2.34, вид *А* и разрез *Б* -*Б*), системы подвижных и неподвижных ножей *12* и *13*, установленных в ножевых рамах *9* и *10*; подвижной и неподвижной рамной доски *7*; крючков *8* или оснастки *1* - *6*. Различают механизмы привода ножевых рам (и рамной доски, если она подвижная): рычажные, обычно применяемые на скоростных ЖМ; зубчато-рычажные и кулачково-рычажные. Последние позволяют задать закон движения ножевых рам и оснастки с выстоем в крайних положениях, что необходимо на широких ТМ для обеспечения прокидки утка в зеве.

Механизм рисунка выдает команды на работу механизмам подъема и опускания основных нитей и смены карт (картона) согласовано с циклограммой работы механизмов ТМ и рисунком вырабатываемой ткани и является функциональной системой автоматического регулирования рисунка ткани. В систему входят: объекты регулирования - нити основы *43* и рисунок создаваемой ткани; программирующий элемент - картон *34*; регулятор - дополнительный игольный прибор *41*, состоящий из игл *37*, направляющих *36*, картона *34* с отверстиями и его привода *35*; исполнительный механизм - толкатели *39*, горизонтальные иглы *42* и отжимная рамка *38*; регулирующий орган - система из крючков *8*, ножей *12* и *13*, аркатов *4*, лиц *2*, эластичных шнуров *1* (или грузов); усилитель - механизм привода *27* - *33* ножевых рам.

Нечеткая работа чувствительного элемента вызывает массовые искажения рисунка ткани, что требует изменения режима работы станка. Вибрация, перекос игл или картона, усадка картона, ошибка в перфорации, неудовлетворительный закон опускания или подъема прощупывающих игл могут вызвать искажение рисунка ткани. От работы отжимной рамки с толкателями, действующими через горизонтальные иглы на крючки, зависит взаимодействие крючков с ножами и время их срабатывания. Работа регулирующего органа и усилителя непосредственно влияют на размер, чистоту и вид зева, обрывность и изменение натяжей основных нитей, их колебания. На движение горизонтальных игл существенно влияют зазоры δ между пятками *3* толкателей и иглами *1* (см. рис. 1.2.35).

Важно обеспечить точное положение призмы и карты в момент считывания с них информации о рисунке. Допускаемые угловые колебания призмы и карты в это время менее 0,6 ÷ 0,7°. С целью предупреждения поломки механизма рисунка в случае сбоя рисунка в приводе механизма предусмотрена упругая предохранительная муфта *15*.

Угловое перемещение призмы

$$\varphi = \operatorname{arctg}\,[\lambda \sin\alpha / (1 - \lambda \cos\alpha)];$$

где $\lambda = r / L$; r - радиус цевки *12*; L - расстояние между осями валов *13* и *14*; α - угловое перемещение вала *14*.

Рекомендуется применять в качестве привода призмы и картона мальтийский механизм с крестом с криволинейными пазами, который обеспечивает безударный закон поворота картона с целью меньших колебаний во время считывания с него программы рисунка.

Карты изготовляют из пластмассы или картона толщиной 0,6 ÷ 0,8 мм, с жесткостью на изгиб 0,0006 ÷ 0,0011 Па, стойких к воздействию влаги и температурным изменениям. В зависимости от расположения призмы различают открытую или скрещенную системы аркатных шнуров. Наиболее рациональное расположение призмы со спадом картона над навоем (см. рис. 1.2.34). В этом случае при открытой рядовой проборке аркатов в кассейную доску они меньше перекручиваются и истираются. К тому же применяют более простой привод к ЖМ с расположением входного *16* (см. рис. 1.2.34) и главного *26* валов параллельно главному валу ТМ. Надежность ЖМ зависит от элементов оснастки: рамников *6*, аркатов *4*, кассейной доски *3*, лиц *2*, эластичных шнуров *1* или подвесов.

Рациональную конструкцию имеет рамник фирмы Вердоль (Франция), отлитый из полиамидной массы вместе со специальной защелкой, которая позволяет быстро подвешивать аркаты. Аркат изготовляют из хлопчатобумажных или синтетических нитей кручением или плетением с последующей пропиткой специальными лаками. Аркаты должны иметь высокие срок службы и временное сопротивление при растяжении; хорошую гибкость и малый износ. Длина арката 2 ÷ 3 м, масса 1 м 0,5 ÷ 0,7 г, коэффициент жесткости при растяжении в статических условиях 2000 ÷ 3000 Н/м. В работе натяжение арката ни при каком его положении не должно равняться нулю. Лицы соединяют с аркатом и эластичным шнуром (грузами) посредством соединительного кольца или склеиванием (последнее лучше и перспективнее).

В ЖМ осуществлено замыкание крючков с ножками под действием силы тяжести грузов или упругости эластичных шнуров. В первом случае ЖМ работают со скоростью менее 180 прокидов в минуту, во втором - значительно бóльшей. Эластичные шнуры малоинерционны; позволяют раздвигать аркаты при проборке и устранении обрывов основных нитей без перепутывания аркатов; обеспечивают выработку ткани с бóльшей плотностью по основе и плавную регулировку натяжения оснастки посредством подъема или опускания пружинной доски *45* (см. рис. 1.2.34). Эластичные шнуры имеют длину 0,3 ÷ 0,4 м, массу 0,1 ÷ 0,3 г, коэффициент жесткости при растяжении в статических условиях 1 ÷ 10 Н/м. Жесткость эластичного шнура или массу груза выбирают такими, чтобы крючки опускались без отрыва от ножей.

Кассейные доски изготовляют из гетинакса, текстолита, металлических прутков; устанавливают их выше глазков лиц на 290 ÷ 390 мм в зависимости от высоты зева; ширина доски должна соответствовать ширине ткани, а глубина ее зависит от количества рядов арката.

Перемещения, скорости и ускорения крючков и оснастки можно принять равными для ножей на всех участках подъема и опускания, кроме нижнего, при котором опускающиеся крючки с оснасткой не доходят до нижнего положения ножей на величину $l = 10$ мм, так как крючки становятся на неподвижную рамную доску раньше, чем ножи опустятся в нижнее положение. Холостой ход ножей без крючков внизу необходим для того, чтобы головки крючков вышли из зацепления с ножами и крючки могли бы перемещаться под действием горизонтальных игл механизма рисунка. Необходимо, чтобы удлинение элементов оснастки под действием нагрузок было минимальным с целью передачи точного движения основным нитям. Среднее положение ножевых рам необходимо согласовать с положением основы в заступе и с циклограммой работы ТМ.

При выработке разных тканей посредством ЖМ создается зев соответствующей высоты и вида с разным размером заступа. Это достигается путем изменения длины звеньев: $OB = l_3$ ($l_3 = 60 \div 100$ мм); $KM = l_6$ и $K'M' = l_6'$ (l_6' и $l_6 = 110 \div 150$ мм) (рис. 1.2.36), а также изменением начального угла $\varphi_{з.н}$ поворота кривошипа OB относительно положения главного вала ткацкой машины, при котором ножевые рамы (верхняя и нижняя) находятся на одном уровне и занимают среднее положение, а основные нити находятся в положении заступа.

Высоту H и угол зева γ (см. рис. 1.2.34, разрез *Б - Б*) можно изменять в широком диапазоне, например жаккардовые машины Ж-2-1344 (Россия) и *Z*-348 фирмы Цангс (Германия) допускают минимальную высоту зева $H_{min} = 37$ мм, максимальную $H_{max} = 140$ мм;

$H = h_6 + h_7$, где h_6, h_7 - максимальные перемещения верхней и нижней ветвей зева от положения заступа для наиболее удаленного от опушки ряда аркатной проборки; $h_6 = x'_{l=2} - C - 4$ мм; $h_7 = C - x'_{l=1} - 10$ мм;

$x'_{l=1}$; $x'_{l=2}$; $x'_{l=3}$ - координаты шарнира P ножевой рамы соответственно в нижнем, верхнем и среднем положениях (см. рис. 1.2.36);

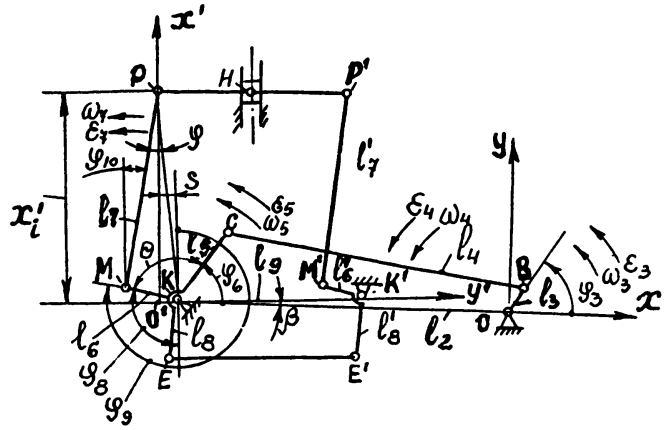


Рис. 1.2.36. Расчетная схема механизма движения ножевых рам двухподъемной жаккардовой машины типа Z-348 фирмы Цанге

$$x'_{i=3} = C = (x'_{i=2} - x'_{i=1}) / 2 + x'_{i=1};$$

$$x'_i = l_6 \cos\varphi_{9,i} + l_7 \cos\varphi_{10,i},\ i = 1 \text{ или } 2;$$

$$\varphi_{10,i} = \arcsin[(-S - l_6 \sin\varphi_{9,i}) / l_7];$$

$$\varphi_{9,i} = 180° + 270° - \varphi_{6,i} - \theta + \beta;$$

$$\varphi_{6,i=1} = \arccos\left\{\left[l_5^2 + l_2^2 - (l_4 + l_3)^2\right] / (2l_2 l_5)\right\};$$

$$\varphi_{6,i=2} = \arccos\left\{\left[l_5^2 + l_2^2 - (l_4 - l_3)^2\right] / (2l_2 l_5)\right\}.$$

Угол зева

$$\gamma = \operatorname{arctg}(h_6 / l_{л,j}) + \operatorname{arctg}(h_7 / l_{л,j}),$$

где $l_{л,j}$ - расстояние от опушки ткани до лиц j-го ряда аркатной проборки (см. рис. 1.2.34, разрез *Б - Б*); $l_{л,j} = l_{л,j=1} + \Delta l_л(j - 1)$, j - номер наиболее удаленного от опушки ряда проборки; $l_{л,j=1}$ - расстояние от опушки ткани до лиц первого (переднего) ряда аркатной проборки.

На ткацких АТПР-120 с ЖМ Ж-2-1344 $l_{л,j=1} = 90$ мм; $j = 16$; $\Delta l_л = 6$ мм - шаг проборки.

При каждом изменении длины звеньев *OB*, *KM*, *K'M'* необходимо изменять соответственно длину звеньев $MP = l_7$ и $M'P' = l_7'$ так, чтобы ножи ножевой рамы *PHP'* в ее нижнем положении были расположены на 10 мм ниже головок крючков, выстаивающих на рамной доске. Длина

$$MP = l_7 = \sqrt{(KP)^2 + l_6^2 - 2(KP) l_6 \cos\xi_{i=1}},$$

где $KP = \sqrt{S^2 + (x'_{i=1})^2}$; $\xi_{i=1} = \theta + \varphi_{6,i=1} - 90° - \beta - \varepsilon_{i=1}$; $\varepsilon_{i=1} = \operatorname{arctg}(S / x'_{i=1})$.

Параметры S, l_2, l_4, l_5, θ, β являются постоянными. Для машин Ж-2-1344 и Z-348 имеем $S = 11{,}5$; $l_2 = 758$; $l_4 = 689$; $l_5 = 200$ мм; $\beta = 0{,}0098$; $\theta = 1{,}8881$ рад.

Аналогично рассчитывают длину звена $M'P' = l_7'$.

Начальный угол поворота кривошипа *OB*, соответствующий среднему положению ножевых рам,

$$\varphi_{э.н} = \arcsin[2ИЗl_3 + \sqrt{4И^2З^2 l_3^2 - Р(З^2 - 4Л^2 l_3^2)} / Р],$$

где

$$Р = 4И^2 l_3^2 + 4Л^2 l_3^2;\ З = Л^2 + l_3^2 + И^2 - l_4^2;$$

$$Л = l_2 - l_5 \cos\varphi_{6,i=3};\ И = l_5 \sin\varphi_{6,i=3};$$

$$\varphi_{6,i=3} = 270° + \beta - \theta - \varphi_{9,i=3} + 180°;$$

$$\varphi_{9,i=3} = \arccos[(C - l_7 \cos\varphi_{10,i=3}) / l_6];$$

$$\varphi_{10,i=3} = \varphi - \varepsilon_{i=3};\ \varepsilon_{i=3} = \operatorname{arctg}(S / C);$$

$$\varphi = \arccos\left[\left(C^2 + S^2 + l_7^2 - l_6^2\right) / \left(2l_7\sqrt{C^2 + S^2}\right)\right].$$

Среднее положение ножевых рам жаккардовой машины Ж-2-1344 для ткацкой машины АТПР-120 соответствует 340 ÷ 360°, а для СТБ - 20 ÷ 30° поворота главного вала, при выработке разных тканей. В табл. 1.2.14 приведены значения: угла зева γ; высоты зева

H, h_6, h_7; максимального перемещения ножевой рамы $h_р$; крючков $h_к$; лиц $h_л$; длины переналаживаемого звена l_7; координат положения шарнира P ножевой рамы $x'_{i=1}$; $x'_{i=2}$; $x'_{i=3} = C$; начального угла поворота кривошипа OB $\varphi_{з.н}$, а также промежуточных угловых параметров в зависимости от l_3 и l_6. Параметры $h_р = x'_{i=2} - x'_{i=1}$; $h_к = h_р - 10$ мм; $h_к = h_л$; $H = h_л - 4$ мм.

Скорость и ускорение точки P ножевой рамы *12* (*13*) (см. рис. 1.2.36):

$$v_р = \omega_5 (\partial x^{(i)}/\partial\varphi_9);$$

$$a_р = \omega_5^2 (\partial^2 x^{(i)}/\partial\varphi_9^2) + \varepsilon_5 (\partial x^{(i)}/\partial\varphi_9);$$

где

$$(\partial x^{(i)}/\partial\varphi_9) = -l_6 \sin\varphi_9 - l_7 \sin\varphi_{10}(\partial\varphi_{10}/\partial\varphi_9);$$

$$(\partial^2 x^{(i)}/\partial\varphi_9^2) = -l_6 \cos\varphi_9 - l_7 \cos\varphi_{10}(\partial\varphi_{10}/\partial\varphi_9)^2 - l_7 \sin\varphi_{10}(\partial^2\varphi_{10}/\partial\varphi_9^2);$$

$$\begin{cases} (\partial\varphi_{10}/\partial\varphi_9) = -(l_6 \cos\varphi_9)/(l_7 \cos\varphi_{10}); \\ (\partial^2\varphi_{10}/\partial\varphi_9^2) = [l_7 \sin\varphi_{10}(\partial\varphi_{10}/\partial\varphi_9)^2 + \\ \quad + l_6 \sin\varphi_9]/(l_7 \cos\varphi_{10}); \end{cases}$$

$$x^{(i)} = l_6 \cos\varphi_9 + l_7 \cos\varphi_{10};$$

1.2.14. Переналаживаемые параметры механизма привода ножевых рам жаккардовой машины Ж-2-1344 и *Z*-348

Параметры	Значения			
Размеры, мм:				
l_3	63	63	63	96
l_6	150	1510	118	150
l_7	593,490	579,947	582,461	616,131
$x'_{i=1}$	555,881	555,881	555,881	555,881
$x'_{i=2}$	655,733	628,278	633,723	709,546
$x'_{i=3}$	605,807	592,080	594,802	632,714
$h_р$	99,852	72,397	77,842	153,665
$h_к = h_л$	89,852	62,397	67,842	143,665
H	85,852	58,397	63,842	139,665
h_6	45,926	32,198	34,921	72,832
h_7	39,926	26,199	28,921	66,833
Углы, рад:				
$\varphi_{з.н}$	1,308	1,318	1,316	1,303
$\varphi_{9,i=3}$	1,759	1,756	1,756	1,783
$\varphi_{i=3}$	0,250	0,187	0,200	0,239
$\varepsilon_{i=3}$	0,01898	0,01942	0,01933	0,1817
$\varphi_{10,i=3}$	0,23094	0,16738	0,18033	0,22112
$\varphi_{6,i=1}$	1,4080	1,4080	1,4080	1,5760
$\varphi_{6,i=2}$	0,74571	0,74571	0,74571	0,52109
$\varphi_{10,i=1}$	0,2328	0,1686	0,1817	0,2146
$\varphi_{10,i=2}$	0,2015	0,1454	0,1569	0,1614
$\xi_{i=1}$	1,6945	1,6945	1,6945	1,8625
γ, °	25	18	19,5	37,75

$\omega_5 = \omega_3 (\partial\varphi_6 / \partial\varphi_3)$;

$\varepsilon_5 = \omega_3^2 \left(\partial^2\varphi_6 / \partial\varphi_3^2\right) + \varepsilon_3 (\partial\varphi_6 / \partial\varphi_3)$;

$$\varphi_6 = \arccos\left\{\left[2l_{12} \pm \sqrt{4l_{12}^2 - 4\left(1 + l_{13}^2\right)\left(l_{12}^2 - l_{13}^2\right)}\right] \Big/ \left[2\left(1 + l_{13}^2\right)\right]\right\};$$

$l_{12} = \left(l_5^2 + l_{10}^2 + l_{11}^2 - l_4^2\right)/(2l_{10}l_5)$; $l_{13} = l_{11}/l_{10}$;

$l_{10} = l_2 + l_3\cos\varphi_3$; $l_{11} = l_3\sin\varphi_3$;

$\varphi_9 = 180° + 270° - \varphi°_6 - \theta° + \beta°$;

$\varphi_{10} = \arcsin[(-S - l_6 (\sin\varphi_9)) / l_7]$; $S = \text{const}$;

φ_3, ω_3 и ε_3 - угол, скорость и ускорение главного вала ЖМ (звена l_3); φ_3, φ_4, φ_6, β - углы, образованные осями звеньев l_3; l_4; l_5; l_9 с осью ox.

Если $l_7 = l'_7$; $l_6 = l'_6$; $l_8 = l'_8$, то ножевая рама движется возвратно-поступательно и образуется смешанный зев. В этом случае $v_р = v_н$; $a_р = a_н$; $S_р = S_н = x'_i - x'_{i=1}$, табл. 1.2.15.

Максимальное количество энергии в ЖМ (около 80 %) расходуется на поступательное движение ножевых рам и оснастки. Мощность, расходуемая ЖМ на подъем и опускание оснастки,

$$N = m_в v_в (g + a_в) + m_н v_н (-g + a_н) + \left(\sum_{i=1}^{n} F_{9,i}\right) v_в - \left(\sum_{j=1}^{q} F_{9,j}\right) v_н,$$

где $m_в$, $m_н$ - масса верхней и нижней ножевой рамы соответственно (для ЖМ на рис. 1.2.34 $m_в = m_н \approx 152$ кг); $v_в = -v_н$; $a_в = -a_н$ - скорость и ускорение верхней и нижней ножевой рамы; $g = 9{,}81$ м/с^2; $\sum_{i=1}^{n} F_{9,i}$ - сумма сил, передаваемых на ножевую раму от поднимающихся крючков с оснасткой; $\sum_{j=1}^{q} F_{9,j}$ - сумма сил, передаваемых на ножевую раму от опускающихся крючков с оснасткой; n, q - число одновременно соответственно поднимаемых и опускаемых крючков.

С целью снижения расходуемой энергии на скоростных ЖМ ножевые рамы выполняют из алюминиевых сплавов и специального профиля. Сила, с которой крючок действует на нож при подъеме,

$$F_{9,i} = \sum_{k=1}^{n} F_{7,n} + (m_7 + m_8)g + (m_7 + m_8)a_н,$$

1.2.15. Перемещения, скорости и ускорения ножей ножевой рамы Ж-2-1344

Обороты ГВ ткацкой машины	$\varphi_{гв}$, °	φ_3, °	x_i, мм	$S_н$, мм	$n_{гв}$, мин$^{-1}$			
					260	350	260	350
					Угловая скорость ω_3 ГВЖМ, с$^{-1}$			
					13,615	18,317	13,615	18,317
					$v_н$, м/с		$a_н$, м/с	
1	195	180	555,881	0	0,0019	0,0025	9,1806	16,6364
1	345	255	605,060	49,179	0,6643	0,8942	0,1455	-0,9098
2	195	360	655,265	99,384	0,0304	0,0409	-9,2999	-16,8548
2	345	75	605,386	-49,879	-0,6941	-0,9344	0,7585	0,0944

Примечание. Угол поворота φ_3 главного вала (ГВ) жаккардовой машины, координаты x'_i шарнирной точки P, перемещения $S_н$, скорости $v_н$, ускорения $a_н$ ножей ножевой рамы рассчитаны в зависимости от угла поворота $\varphi_{гв}$ главного вала ткацкой машины АТПР-120 при двух значениях частоты его вращения $n_{гв} = 260$ и 350 мин$^{-1}$ для настройки; $l_2 = 758$, $l_3 = 63$, $l_4 = 689$, $l_5 = 200$, $l_6 = l'_6 = 150$, $l_7 = l'_7 = 593$, $x'_{i=1} = 555{,}881$ мм; $\varphi_{зн} = 1{,}308$ рад.

где $F_{7,n}$ - натяжение верхнего конца n-го арката; $F_{7,n} = [\{[\pm F_в + F_y k_1 + (m_1 + m_5 + m_6 k_1)g + (m_1 + m_5 + m_6 k_1 / 2)a_н] e^{f_1\beta_1} + m_2 g\cos\beta_1 + m_2 a_н\} e^{f_2\beta_2} + m_3(g + a_н)] e^{f_2\beta_3} + m_4(g + a_н)$; n - число аркатов, подвешенных на один рамник, $n = 1 \div 15$; β_1; β_2; β_3 - углы трения между аркатом и кассейной доской, первым делительным прутком, вторым делительным прутком соответственно; f_1 и f_2 - приведенный коэффициент трения арката о кассейную доску и стеклянные делительные прутки; $e = 2{,}718$; $g = 9{,}81$ м/с^2; $a_н$ - ускорение ножа; F_y - сила упругости эластичного шнура; k_1 - количество эластичных шнуров, подвязанных к лице ($k_1 = 2 \div 4$); $F_в$ - вертикальная составляющая реакции основной нити на лицу (знак "плюс" принимают при образовании верхней ветви зева, знак "минус" - нижней); m_1; m_2; m_3; m_4 - массы участков арката, находящегося под кассейной доской, между кассейной доской и первыми делительными прутками, между делительными прутками, между верхним делительным прутком и рамником (масса 1 м арката 0,5 ÷ 0,8 г); m_5; m_6; m_7; m_8 - массы лицы ($m_5 = 0{,}8 \div 1{,}0$ г), эластичного шнура ($m_6 = 0{,}1 \div 0{,}2$ г), рамника ($m_7 = 7 \div 10$ г), крючка ($m_8 = 30 \div 40$ г).

Сила давления крючка на ножевую раму при опускании

$$F_{9,j} = F_8 + (m_7 + m_8)g + (m_7 + m_8)a_н - F_{тр},$$

где $F_8 = \sum_{i=1}^{n} F_{7,n}$; $F_{7,n} = F_6 + m_4(g + a_н)$; $F_6 = F_5 / e^{f_2\beta_3}$; $F_5 = F_4 + m_3(g + a_н)$; $F_4 = F_3/e^{f_2\beta_2}$; $F_3 = F_2 + m_2 g\cos\beta_1 + m_2 a_н$; $F_2 = F_1/e^{f_1\beta_1}$; $F_1 = F + m_1(g + a_н)$; $F = \pm F_в + F_y k_1 + (m_5 + m_6 k_1)g + (m_5 + m_6 k_1/2)\, a_н$; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6 - натяжение арката под кассейной доской, над кассейной доской, перед первым делительным прутком, после первого делительного прутка, перед вторым делительным прутком, после второго делительного прутка соответственно; $F_{тр} = 0{,}001 \div 0{,}01$ Н - сила трения крючка о колено горизонтальной иглы.

Натяжение основной нити в ведущей F_{1o} и ведомой F_{2o} ветвях зева и их результирующая нагрузка F_{3o}, передаваемая на лицу оснастки от основной нити, возрастают с увеличением высоты зева h_6 и h_7, коэффициентов жесткости основной нити C_o и ткани $C_т$, заправочного натяжения основы $F_{зап}$ и уменьшением длины ткани от опушки до вальяна $l_т$, длины основной нити от ценового прутка до навоя $l_{o.н}$, длины передней $l_л$ и задней $l_в$ ветвей зева. Наибольшая нагрузка F_{3o} возникает при отклонении основной нити от положения заступа в крайнее верхнее или нижнее.

Вертикальная $F_в$ и горизонтальная $F_г$ составляющие результирующей силы F_{3o} (см. рис. 1.2.34):

$$F_в = F_{3o}\cos\nu; \quad F_г = F_{3o}\sin\nu,$$

где $F_{3o} = \sqrt{F_{1o}^2 + F_{2o}^2 - 2F_{1o}F_{2o}\cos(\gamma_1 + \rho_1)}$; $\nu = \pi/2 - \rho_1 - \delta$; $\delta = \arcsin(F_{1o}\sin(\gamma_1 + \rho_1)/F_{3o})$; $\gamma_1 = \operatorname{arctg}(h_6/l_л)$; $\rho_1 = \operatorname{arctg}(h_6/l_в)$; $F_{1o} = F_{2o}\, e^{f\varphi}$; $F_{2o} = \lambda C + F_{зап}$; при $l_л \le l_в$; $F_{2o} = F_{1o}\, e^{f\varphi}$; $F_{1o} = \lambda C + F_{зап}$; при $l_л > l_в$; $\varphi = \gamma_1 + \rho_1$; $f = 0{,}3 \div 0{,}5$; $\lambda = h_6[\operatorname{tg}(\gamma_1/2) + \operatorname{tg}(\rho_1/2)]$; $(1/C) = (l_л + l_в + l_{o.н}/e^{f\rho_1})/C_o + l_т/(e^{f\gamma_1}C_т)$.

Силы F_{1o}, F_{2o}, F_{3o}, $F_в$, $F_г$, а также коэффициент жесткости C упругой заправки машины, угол отклонения ν результирующей силы F_{3o} от вертикали, рассчитанные для одной основной нити в зависимости от высоты зева h_6 и h_7 при постоянных параметрах ($C_o = 10$ Н/м; $C_т = 4$ Н/м; $F_{зап} = 0{,}1$ Н; $f = 0{,}3$; $l_л = 0{,}18$; $l_в = 0{,}4$; $l_т = 0{,}37$; $l_{o.н} = 0{,}95$ м) приведены в табл. 1.2.16; силы F_{9l} и F_{9j} от семи аркатных шнуров - в табл. 1.2.17.

1.2.16. Нагрузки на лицу от основной нити

Параметры	Значения					
h_6, h_7, м	0,0399	0,0499	0,0600	0,0700	0,0800	0,0899
Нагрузка, Н:						
F_{1o}	0,1396	0,1601	0,1854	0,2156	0,2509	0,2915
F_{2o}	0,1269	0,1422	0,1610	0,1831	0,2086	0,2374
F_{3o}	0,0440	0,0619	0,0842	0,1116	0,1449	0,1848
$F_в$	0,0440	0,0619	0,0837	0,1102	0,1428	0,1825
$F_г$	0,0013	-0,0210	-0,0082	-0,0179	-0,0247	-0,0291
C, Н/м	4,2224	4,2589	4,2948	4,3299	4,3643	4,3978
ν, рад	0,0300	-0,0344	-0,0983	-0,1612	-0,1715	-0,1584

1.2.17. Силы в аркатной заправке одного крючка

Параметры	Значения					
Размеры, м:						
x'	0,5900			0,6613		
h_6	0,0184			0,0857		
$a_н$, м/с^2	5,7563			-6,565		
Сила, Н:						
$F_в$	0			0,2372		
$F_у$	0,2904			0,7184		
F_1	0,3076			0,9590		
$(m_4+m_7+m_8)\times$ $\times(a_н+g)$	0,5757			0,1200		
$F_{9.1}$	4,0434			10,5084		
$F_{9.1}$	2,2653			5,1371		
n^*	1	4	7	1	4	7
F_2	0,3862	0,3402	0,3862	1,2039	1,0607	1,2039
F_3	0,4014	0,3539	0,4014	1,2071	1,0636	1,2071
F_4	0,4936	0,3879	0,4936	1,4843	1,1657	1,4843
F_5	0,4953	0,3895	0,4953	1,4846	1,1660	1,4846
F_6	0,5558	0,4371	0,5558	1,6659	1,3084	1,6659

n^* - номер аркатного шнура.

Примечание. Результаты получены для значений $m_4 = 0{,}0000896$ кг; $m_7 = 0{,}002$ кг; $m_8 = 0{,}0349$ кг; $a_1 = 0{,}64$; $a_2 = 0{,}428$; $a_3 = 0{,}215$; $a_4 = 0$; $a_5 = 0{,}215$; $a_6 = 0{,}428$; $a_7 = 0{,}64$ м; $k_1 = 4$ - число эластичных шнуров, подвязанных к одной лице; $n = 7$ - число аркатных шнуров на одном рамнике; $h_7 = 0{,}035$ м - максимальное отклонение основной нити от заступа в нижнее положение; $l_1 = 0{,}21$ м - длина аркатного шнура под кассейной доской в крайнем нижнем его положении; $l_4 = 0{,}16$ м - длина аркатного шнура над вторым делительным прутком в крайнем нижнем положении лицы; $f_1 = 0{,}44$, $f_2 = 0{,}4$ - коэффициенты трения арката о кассейную доску и делительные прутки соответственно; $S_2 = 1{,}525$ м - расстояние по вертикали от кассейной доски до нижних делительных прутков; $S_3 = 0{,}19$ м - расстояние по вертикали между осями делительных прутков; $a_1 \div a_7$- расстояния по горизонтали между глазками кассейной доски, в которые пробраны аркатные шнуры и осью движения крючка; $b = 0{,}288$ м - расстояние по горизонтали между осью второго делительного прутка и осью глазка кассейной доски, в который пробран соответствующий аркатный шнур; $\Delta l_ш = 0{,}03$ м - предварительная деформация эластичного шнура в крайнем нижнем положении лицы; $m_a = 0{,}00056$ кг/м - погонная масса аркатного шнура (масса 1 м аркатного шнура).

Вследствие неравномерного вращения главного вала ТМ и периодического изменения нагрузки на оснастку от основных нитей аркат и ножевые рамы колеблются. Амплитуды колебаний уменьшаются со снижением массы оснастки и ножевых рам, а также нагрузки на лицы от основных нитей. Для этого необходимо устанавливать минимально возможную высоту зева и применять полный чистый симметричный зев; увеличивать длину основной нити в заправке, длину задней $l_в$ или передней $l_п$ ветвей зева; подбирать менее жесткие основные нити и работать с минимально допустимыми заправочными натяжениями основы. Если эластичные шнуры оснастки не обеспечивают опускание зева за отведенное циклограммой время, рекомендуется применять полный ассиметричный (косой) зев при $h_6 > h_7$. При этом рекомендуется ставить над опушкой ткани специальную прижимную планку для предотвращения подъема ткани.

Совершенствование ЖМ идет в направлении увеличения скорости их работы и долговечности; создания ЖМ, основанных на новых принципах работы, в которых каждая лица является сердечником электромагнита или электропроводником общего магнита, либо связана с поршнем индивидуального гидро- или пневмопривода, а для считывания подачи сигналов о рисунке ткани к электромагнитам используют фотоэлектрические, электромагнитные и электронные устройства, в которых программоносители - это контактные диски, ленты, барабаны с магнитной записью, перфоленты; в качестве считывающих устройств применены электрические контакторы, электромагнитные головки, фотоэлектрические элементы, электронные устройства, обладающие быстродействием, малыми габаритами и большой емкостью информации, например, на машине *СХ* 860 с электронным управлением фирмы Штойбли (Швейцария).

Товарные механизмы и основные регуляторы.* *Товарные механизмы* (ТМ) *8 - 15* (рис. 1.2.37) и *основные регуляторы* (ОР) *1 - 7, 16, 17* предназначены для продольного перемещения ткани *8* и основы *2* и создания в них заданного натяжения. При этом основа и ткань являются гибкими связями между вальяном *10* и навоем *1*. Между частотами вращения навоя $\omega_н$ и вальяна $\omega_в$ имеется зависимость:

$$\omega_н = \omega_в (R_в / R_н) (1 + a / 100);$$

где $\omega_в = \omega_{гв}\, 10 / (P_у\, R_в\, 2\pi)$; $\omega_{гв}$ - частота вращения главного вала, $с^{-1}$; $\pi = 3{,}142$; $R_в$ - радиус цилиндрической поверхности вальяна с учетом его покрытия эластичным материалом, мм, в зависимости от заправочной ширины; $R_в = 50 \div 100$ мм; $R_н$ - радиус навоя, мм, $R_н$ изменяется по мере срабатывания навоя от 400 до 75 мм; $P_у$ - плотность ткани по утку (число уточин в 1 см ткани), нитей/см, зависит от вида ткани; $P_у = 3 \div 300$ нитей/см; a - уработка основы, %, зависит от вида ткани; a=2 ÷ 12 %.

При $\omega_{гв} = 31{,}42$ $с^{-1}$; $R_в = 83$ мм; $R_н = 400$ мм; $P_у = 30$ нитей/см; $a = 5$ %, характерных для выработки хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения на ТМ типа СТБ-250,

$$\omega_в = 31{,}42 \cdot 10/(30 \cdot 83 \cdot 2 \cdot 3{,}142) = 0{,}0205\ с^{-1};$$

$$\omega_н = 0{,}0205\ (83/400)\ (1 + 5/100) = 0{,}0045\ с^{-1}.$$

Натяжное устройство *3 - 7* (рис. 1.2.38) включает: подскальники *3* и *5*; скало *4*, качающееся в двух параллельно установленных подскальных рычагах 6 и 6′; пружины 7 и 7′. Концы пружин $F(F')$ и $H(H')$ закреплены посредством шарнирных соединений на подскальных рычагах и остове ТМ соответственно. Длину $OP(P')$ и $OF(F')$ плеч рычагов и место крепления шарнира $H(H')$ регулируют при настройке, так что устройство позволяет изменять заправочное натяжение T_0 основных нитей в широких пределах: T_0=0,05÷3 Н/нить.

* Материал подготовлен А. А. Туваевой.

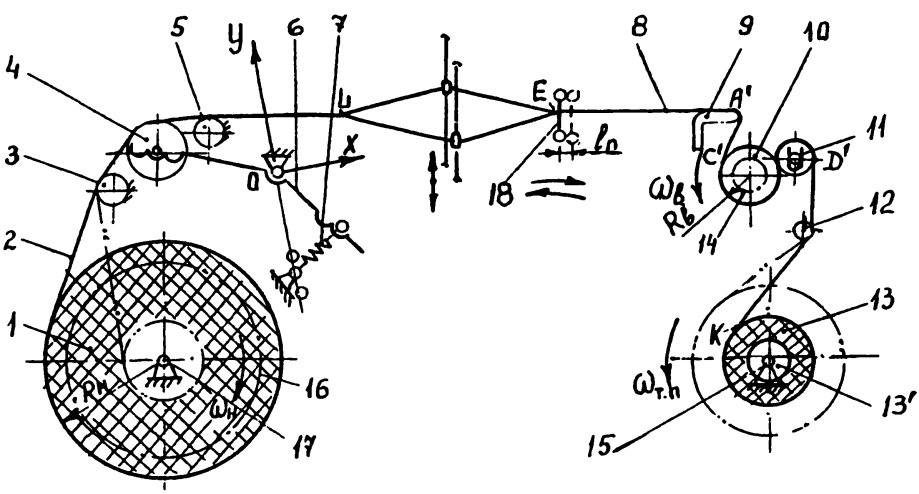


Рис. 1.2.37. Схема отвода ткани товарным механизмом и отпуска основы основным регулятором на ткацких машинах

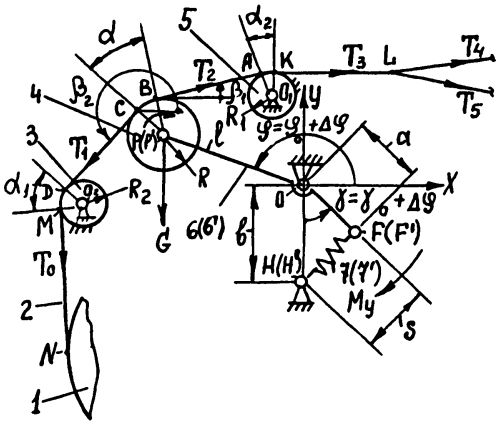


Рис. 1.2.38. Натяжное устройство

Основные нити движутся от навоя к опушке ткани E (см. рис. 1.2.37 и 1.2.38), огибая подскальники и скало и равномерно нагружая их по длине:

$$l_{ск} = S_3 + b,$$

где S_3 = 0,8 ÷ 5,5 м - заправочная ширина ТМ; b = 50 ÷ 100 мм.

При этом натяжение основных нитей T_0, T_1, T_2, T_3 в ветвях NM, DC, BA, KL постепенно возрастает из-за трения о направляющие:

$$T_1 = T_0\, e^{f\alpha_1};\ T_2 = T_1\, e^{f\alpha};\ T_3 = T_2\, e^{f\alpha_2},$$

где f - приведенный коэффициент трения основной нити о поверхности подскальников и скала; f = 0,25 ÷ 0,63; α_1, α_2, α - углы огибания основными нитями подскальников *3* и *5* и скала соответственно изменяются по мере срабатывания навоя и в зависимости от вида заправки от $\pi/12$ до π.

При f = 0,25; $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha = \pi/2$ T_3 = = 1,48 T_0. Подскальники и скало выполняют из стальных труб радиусом 25 - 75 мм; поверхность их полируют, хромируют. Подскальник *5* устанавливают или на одной высоте с грудницей *9*, или выше, или ниже ее. От этого зависят натяжение T_4 и T_5 основных нитей верхней и нижней ветвей зева и условия формирования ткани. Нагрузочное устройство OFH расположено так, что неподвижные оси O и H ориентированы вдоль координатной оси OY. Вес нагрузочного устройства мал по сравнению с весом G скала. Уравновешивающий момент M_y от сил упругости пружин не зависит от поворота координатных осей XOY относительно O, поэтому на реальной ТМ устройство OFH может быть повернуто относительно оси O на любой угол. Натяжение, Н/нить, основных нитей в зоне AB

$$T_2 = \{2kab\sin(\gamma_0 + \Delta\varphi) \times$$
$$\times\left[\frac{d_0 - \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma_0}}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos(\gamma_0 + \Delta\varphi)}} + 1\right] -$$
$$- G\,l\cos(\varphi_0 + \Delta\varphi)\} / \{ln[\sin(\varphi_0 + \Delta\varphi -$$
$$- \beta_1) + e^{-f\alpha}\sin(\varphi_0 + \Delta\varphi - \beta_2)]\};$$

где G = 100÷1500 Н - вес скала; k = (10÷20)× ×10^3 Н/м - жесткость пружины 7 (7′) на растяжение; $n = n_1 + S_3P_0$ - число основных нитей в заправке; n_1 = 10÷40 нитей - число кромочных нитей в заправке; P_0 = 3÷300 нитей/см - плотность ткани по основе; S_3 - заправочная ширина ТМ; $d_0 = S_0 - S_п$ - начальная деформация растяжения пружины, м; S_0 = 0,38÷ 0,466 м - начальная длина пружины с прицепами при максимальном диаметре навоя; $S_п$ = = 0,24 ÷ 0,25 м - длина пружины с прицепами в свободном состоянии; β_1; β_2 - углы ориентации ветвей AB и CD основы в заправке относительно оси OX; $(-\pi/2) \le \beta_1 \le (\pi/2)$; $(\pi/2) < \beta_2 \le (3\pi/2)$; $\beta_1 < (\beta_2 - \pi)$ рад; f - приведенный коэффициент трения основы о поверхность скала; l = 0,1÷0,25 м - длина плеча OP подскального рычага, м; φ_0; γ_0 - углы ориентации рычага POF относительно координатных осей XOY при начальной настройке при максимальном диаметре навоя: $(\pi/2) \le \varphi_0 \le (3\pi/2)$; $(\pi/6) \le \gamma_0 \le (3\pi/4)$; $\Delta\varphi$ - угол отклонения под воздействием укорочения (удлинения) основы в заправке подскального рычага от начального положения; $(\pi/30) \le \Delta\varphi \le (\pi/15)$; α - угол огибания скала основой; $\alpha = (\beta_2 - \pi - \beta_1) > 0$.

Параметры a, b, β_1, β_2, γ_0, φ_0 обозначены на рис. 1.2.38, $\gamma = \gamma_0 + \Delta\varphi$; $\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$; a = 0,08÷0,26 м; b = 0,2÷0,35 м; $\alpha = \alpha(\Delta\varphi)$. Изменение натяжения основы T_2 осуществляют посредством варьирования жесткости k пружин и изменением параметров l, a, b. Например, на машине типа АТПР при $R_н$ = = 0,1875 м; R = 0,05 м; b = 0,2 м; l = 0,25 м; a = 0,48 м; $\gamma_0 = 123\pi/180$; φ_0 = 3,40 рад; $\Delta\varphi$ = = 0; k = 15533 Н/м; G = 200 Н; $n = 10^3$ нитей; T_2 = = 0,75 Н/нить.

Для поддержания среднего за время срабатывания навоя натяжения T_2 основных нитей на постоянном уровне необходимо, чтобы $\partial T_2 / \partial(\Delta\varphi) = 0$.

Правильность совместной работы товарного механизма и основного регулятора оце-

нивают величиной $l_п$ прибойной полоски ткани, т.е. величиной пути, проходимого бердом *18* (см. рис. 1.2.37) от момента встречи его с опушкой ткани E при прибое утка до крайнего его переднего положения, которое определяется кинематикой берда. Величина прибойной полоски должна оставаться постоянной во время работы машины независимо от диаметра навоя. Величина $l_п$ прибойной полоски зависит от натяжения и длины основы, а также ткани в заправке.

Товарный механизм отводит ткань из зоны ее образования $EA'C'$ (см. рис. 1.2.37) и накапливает в виде рулонной или уложенной определенным образом в товарный ящик паковки *13*; при этом во взаимодействии с основным регулятором (ОР) создает определенную плотность по утку путем изменения скорости отвода ткани. Ткань отводится вальяном *10* непрерывно или периодически тремя способами: с равномерным распределением уточин в ткани посредством ТМ независимого действия; с распределением уточин по программе программным ТМ; с распределением уточин в зависимости от силы прибоя.

Применяют ТМ независимого действия с непрерывным отводом и раздельным накоплением ткани в форме рулона диаметром $d_{т.п}$ = = 300 ÷ 600 мм, например, на СТБ, АТПР (рис. 1.2.39). Отвод ткани вальяном *10* (вид *Б*) обеспечивается при условии

$$l_{пок} = (l_о - l_{ск.н} - l_{ск.с}) >> 0,$$

где $l_{пок}$ - дуга BC покоя ткани на вальяне; $l_о$ - дуга $ABCD$ охвата тканью вальяна; $l_{ск.н}$; $l_{ск.с}$ - дуги AB и CD скольжения ткани по вальяну в зоне соответственно набегания и сбегания,

$$l_{ск.н(с)} = \begin{cases} \left(d_в / (2f)\right) \ln\left(1 + A_{тн(с)} / T_{н(с)}\right), & \dot{u} > 0; \\ -\left(d_в / (2f)\right) \ln\left(1 - A_{тн(с)} / T_{н(с)}\right), & \dot{u} < 0, \end{cases}$$

где $\dot{u}$ - скорость скольжения ткани по вальяну; $\dot{u} < 0$, если $\dot{u}$ направлено по направлению $\omega_в$; $d_в$ - диаметр вальяна; f - приведенный коэффициент трения ткани по вальяну; $A_{тн(с)}$ - амплитуда отклонения натяжения от среднего в набегающей (сбегающей) ветви ткани; $T_{н(с)}$ - среднее натяжение набегающей (сбегающей) ветви ткани.

Скольжение ткани по вальяну в зонах набегания и сбегания является основной причиной ее брака в виде "разомшенности", поэтому стремятся снизить его путем увеличения $T_{н(с)}$; уменьшения $A_{тн(с)}$; применения прижимных валиков *11*, установленных в подвижных направляющих *11'* (вид Б), которые позволяют увеличить угол $\alpha_о$ охвата тканью вальяна: $(6\pi/4) \le \alpha_о \le (14\pi/8)$ и прижать ее к отводящей поверхности за счет собственного веса и составляющей силы $T_с$ натяжения сбегающей ветви; $\alpha_о = l_0/R_в$; l_0 - дуга охвата тканью вальяна. Валик *11* изготовляют из сплошного стального прутка диаметром 40÷50 мм или трубы большего диаметра для увеличения его веса и жесткости. Чтобы увеличить $l_{пок}$ вальян обтягивают металлической теркой; рифленой резиновой лентой; наждачным или

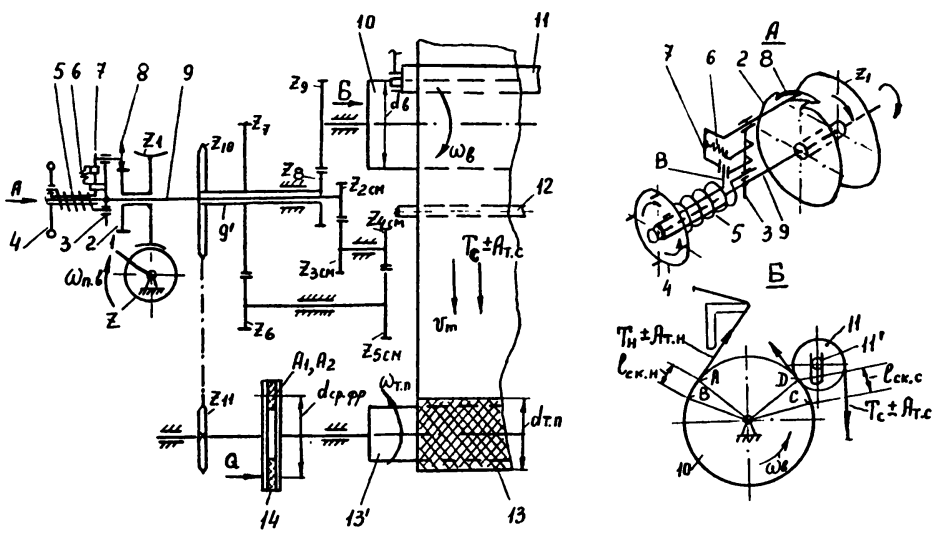


Рис. 1.2.39. Привод товарного механизма бесчелночных ткацких машин типа АТПР, СТБ:
А **- устройство ручного поворота вальяна;** ***Б*** **- заправка ткани на вальян**

пробковым (для особо тонких тканей) полотном и др. Вальян *10*, прижимной валик *11*, товарный валик *13'* устанавливают горизонтально с возможностью легкого вращения в подшипниках. Осевое смещение их не должно превышать 1 мм. Зазор между вальяном *10* и грудницей *9* (см. рис. 1.2.37) должен быть одинаковым по всей длине. Не допускаются перекос ткани относительно образующих их поверхностей, а также конусообразность, бочкообразность и отклонение от концентричности.

Ткань, огибая валик *11*, поступает на пруток *12*, концы которого имеют винтовую, левую и правую нарезку для растягивания ткани вдоль уточин. Ткань наматывается на товарный валик *13'*, образуя рулонную товарную паковку *13* диаметром до 600 мм.

Вальян *10* получает вращение от вала *1* (см. рис. 1.2.39) посредством самотормозящей червячной передачи z - z_1, храповика *2* с анкерной собачкой *8*, рычага *3*, закрепленного на валу *9*, зубчатой передачи $z_{2см}$ - z_9. Вал *1* вращается с такой же частотой $\omega_{п.в}$, как и главный вал. Товарный механизм позволяет вырабатывать ткани с плотностью по утку от 3,6 до 75 нитей/см. Плотность P_y регулируют подбором сменных колес $z_{2см}$ - $z_{5см}$. Например, на ТМ типа СТБ:

$$P_y = \frac{z_1 z_{3см} z_{5см} z_7 z_9}{z z_{2см} z_{4см} z_6 z_8 \pi d_в \eta} =$$

$$= \frac{60 \cdot 49 \cdot 37 \cdot z_{3см} z_{5см}}{2 \cdot 10 \cdot 10 \cdot z_{2см} z_{4см} \cdot 3{,}142 \cdot 16{,}6 \cdot 0{,}97} =$$

$$= 10{,}75 \frac{z_{3см} z_{5см}}{z_{2см} z_{4см}},$$

где $d_в$ = 16,6 см - диаметр вальяна; η - поправочный коэффициент на уработку ткани; для хлопчатобумажной ткани средней плотности $\eta \approx 0{,}97$; z =2; z_1 = 60; z_6 = 10; z_7 = 49; z_8 = = 10; z_9 = 37.

В паспорте ТМ приводятся таблицы чисел зубьев сменных колес для выработки тканей с различной плотностью по утку. Движение от вала 9' посредством цепной передачи z_{10} - z_{11} и фрикционной муфты *14* передается товарному валику 13'. Скорость намотки ткани на товарный валик $v_т = \omega_{т.п} d_{т.п}/2$ в начале намотки больше на 1 - 2 %, чем скорость отвода ткани вальяном $v_в = \omega_в d_в/2$, в результате чего создается натяжение T_c ткани в зоне наматывания, необходимое для формирования плотного рулона. По мере увеличения рулона натяжение ткани возрастает, что приводит к увеличению скольжения на поверхностях A_1, A_2 фрикциона. Вращающий момент $M_в$, передаваемый фрикционом, регулируют, изменяя силу Q прижима дисков, в зависимости от вида ткани и необходимой плотности намотки рулона.

Для ручного поворота вальяна в направлении $\omega_в$ или против $\omega_в$ с целью натяжения или ослабления в рабочей зоне ткани предусмотрено устройство *2* - *8* (см. рис. 1.2.39, вид *А*). На конце вала *9* свободно установлен маховик *4* с длинной ступицей, имеющей выступ *В*, который пружиной *5* прижат к рычагу *3*, закрепленному на валу *9*. На рычаге расположена ось анкерной собачки *8* с упором *7*; последний пружиной *6* прижат к выступу *В*. Один конец пружины *6* закреплен на упоре, а другой - на рычаге. Левый зуб анкерной собачки пружиной *6* опущен и упирается в зуб храповика *2*, а правый приподнят над храповиком. В рабочем режиме храповик *2* получает движение от червячного колеса z_1 и далее передает через анкерную собачку *8*, рычаг *3*, вал *9*, передачу $z_{2см}$ - z_9 вальяну *10*. Для натяжения ткани повертывают маховик в направлении $\omega_в$. При этом выступ *В* ступицы давит на рычаг *3*, вызывая поворот вала *9* и далее - вальяна.

Храповик, червячное колесо и червяк с валом *1* остаются неподвижными, анкерная собачка скользит по зубьям храповика. При отпуске ткани маховик повертывают против $\omega_в$, преодолевая сопротивление пружины *5*. Выступ *В* ступицы действует на упор *7* и выводит из зацепления с храповиком левый зуб собачки; при этом правый недосечный зуб опускается, позволяя храповику под действием пружины *5* повернуться на один зуб, что соответствует отпуску ткани на две уточины. Если собачка имеет два недосечных зуба, сдвинутых на полшага, то храповик повернется на ползуба и отпустит ткань на одну уточину. Это позволяет получать ткань без брака в случае обрыва утка.

Для отпуска ткани при разбраковке повторяют эту операцию несколько раз. Маховик 4 имеет большой диаметр $d_н$ = 200 + 250 мм, чтобы окружная сила, приложенная к нему, не превышала 30 + 40 Н. Зубчатые колеса ТМ должны легко вращаться. Суммарный зазор между зубьями колес по глубине зацепления должен быть менее 1 мм, иначе возникают "забоины" (уплотненные места) в ткани. Биение зубчатых колес ие должно превышать 0,5 мм. Торцы сопряженных колес должны быть расположены в одной плоскости; осевое смещение торца допускается не более 0,5 мм. Все сменные колеса должны быть взаимозаменяемыми.

С целью снижения затрат на перезаправку товарных валиков увеличивают диаметр намотки товарной паковки ($d_{т.п}$ = 600 +

1000 мм), для чего их размещают на выносной накатной установке; при этом съем ткани осуществляется во время работы ТМ вместе с товарным валиком, а на накатные валы устанавливают новый товарный валик.

Основный регулятор (ОР) предназначен для отпуска основы с навоя длиной l_0, соответствующей ее уработке a (%) при тканеобразовании и длине $l_т$ отводимой ткани товарным механизмом из рабочей зоны заправки ткацкой машины: $l_0 = l_т\,(1 + a/100)$, а также для создания необходимого режима натяжения T_0 основы и ткани в заправке в течение времени срабатывания навоя.

При 500 прокидках утка в минуту применяют механические ОР, при более высокой скорости работы - электромеханические ОР с электронным управлением.

На машинах типа СТБ, АТПР и др. применяют механические ОР зависимого действия с клиноременным вариатором скорости, которые непрерывно отпускают с навоя *1* (рис. 1.2.40) основу *2* в зависимости от ее длины L_0 и силы натяжения T_0 в заправке. Движение от вала *26*, вращающегося с частотой $\omega_{гв}$ главного вала, через коническую зубчатую передачу *27, 28*, сообщается валу *29*, далее - через цепную передачу *30, 31* передается на вал *32* и через сменную червячную передачу *33, 34* - ведущему валу *13* клиноременного вариатора. Червячное колесо *34* передает движение валу *13* через зубчатую муфту.

Муфта соединена с валом *13* посредством шпонки и может перемещаться вдоль его оси, что необходимо для ручного поворота навоя при заправке основой. Движение от вала *13* посредством клиноременного вариатора *14, 15, 17, 20, 21* сообщается валу *18*, и далее посредством самотормозящей червячной передачи *22, 23* получают возможность вращения поднавойное *24* и навойное *25* зубчатые колеса и навой *1*, который находится под действием движущего момента M_{T0} от силы натяжения T_0 основы.

При уменьшении первоначальной длины L_0 основы в заправке скало *3* опускается и через рычаги *4* и *5*, шарнир L кулисы *6*, тягу *7*, грузовой рычаг *8*, шатун *9* поворачивает трехплечий рычаг *10* против часовой стрелки и через нажимную шайбу *16* перемещает влево на валу *13* подвижной диск *15*. При этом через шатун *11*, двухплечий рычаг *12*, шайбу *19* освобождается от упора подвижный диск *20* на валу *18*, и широкий клиновой ремень *17* на дисках *14* и *15* переходит на больший диаметр D_1, а на дисках *20, 21* - на меньший диаметр D_2, что приводит к увеличению частоты вращения вала *18* и закрепленного на нем червяка *22*.

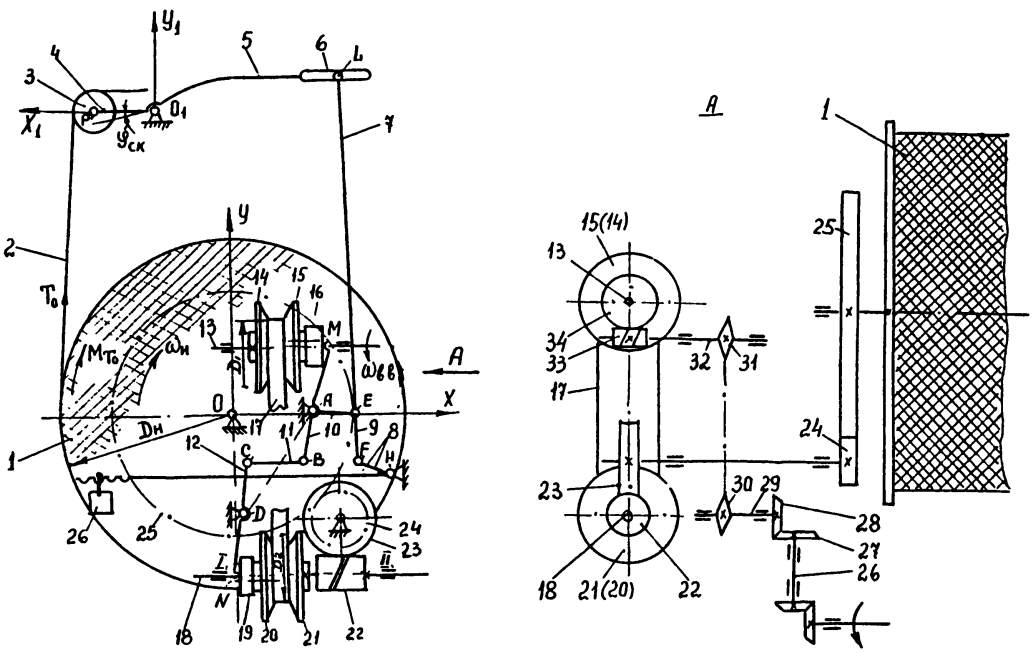


Рис. 1.2.40. Схема основного регулятора непрерывного действия ткацких машин типа АТПР, СТБ:
А - схема передачи движения от главного вала ткацкой машины к основному регулятору и навою

В результате навой *1*, зубчатые колеса *25*, *24* и червячное колесо *23* вращаются быстрее под действием движущего момента M_{To} и в заправку отпускается бóльшая длина основы, чем в предыдущем цикле работы. Если же длина основы L_o увеличивается по сравнению с первоначальной, то скало под действием груза *26'* (пружины) поднимается и происходит обратный процесс, в результате которого скорость поворота навоя и отпуск основы в заправку уменьшаются. В клиноременном вариаторе основного регулятора применяют клиновой ремень без обертки с двусторонними формованными зубьями 32 × 11,5 × 953 фирмы Пиролли (Италия). Упругие характеристики ремня следующие: модуль упругости при растяжении E_p = 0,7 МПа; модуль упругости при изгибе ремня $E_и$ = 20 кПа; модуль упругости при поперечном сжатии E_c=35 кПа. Площадь поперечного сечения ремня S = 368 мм^2; момент инерции поперечного сечения относительно нейтральной линии J_{ox} = 4060 мм^4; ширина ремня по верхнему основанию a_p = = 32 мм; толщина ремня h = 11,5 мм; длина ремня в среднем положении при $u_в$ = 1 L = = 953 мм; угол наклона профиля ремня φ = = 30°.

В клиноременном вариаторе применены диски малого диаметра с отношением D_{min}/h = 4, D_{min} - минимальный диаметр дисков, D_{min} = 46 мм. Ведомый вал *18* вариатора установлен в игольчатых подшипниках *I* и *II*, осевое усилие на нем воспринимается упорным шарикоподшипником. Геометрические параметры рычажной системы, мм: AB = = 77,1; BC = 90,75; CD = 76; DN = 88; AM = = 89; AD = 187,9; AH = 154; AE = 65; FE = = 75; FH = 63,5; O_1H = 700; LF = 600; O_1L = 220 ÷ 320; углы, рад: β = 0,6286; γ_1 = = 0,077; γ_2 = 0,091; β_1 = 0,895; β_2 = 0,645; ψ = 1,475; ψ - угол наклона стойки AD к оси OY; β_1; β_2 - углы наклона стойки AH и O_1H к оси OY; $\gamma_1 = \pi - \angle BAM$; $\gamma_2 = \pi - \angle CDN$; $\psi = \angle MAE$; $\varphi_{ск}$ - угол наклона рычага O_1P к оси OX.

Клиновой ремень имеет минимальное натяжение в среднем положении при передаточном отношении вариатора $u_в$ = 1, где длина контура ремня минимальна. Предварительное натяжение ремня в этом положении устанавливают в диапазоне $F_{ср}$ = 60÷70 Н. При переходе ремня из среднего положения его натяжение возрастает до 100 ÷ 140 Н, что приводит к изменению кинематических и силовых характеристик вариатора и является одной из существенных причин ошибки регулирования отпуска основы.

Угловая скорость навоя $\omega_н^2$ зависит от $\omega_{гв}$; передаточного отношения $u_{гв,н}$ между главным валом и навоем ; плотности ткани по утку P_y, нитей/см; уработки основы a, %; диаметра навоя $D_н$, см:

$$\omega_н = \omega_{гв} / u_{гв,н} = \omega_{гв} (1 + a/100) / (\pi P_y D_н);$$

где $u_{гв,н} = u_з u_в u_{см}$; $u_з = u_{ч.п} u_{25,24} =$ = 40 · (96 / 19) = 202,1; $u_{см}$ = 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25;

$$u_в = \frac{(L - 2l)/\pi + x / \operatorname{tg}(\varphi/2)}{(L - 2l)/\pi - x / \operatorname{tg}(\varphi/2)};$$ l - межосевое расстояние между валами *13* и *18*; l = = 330 мм; L = 953 мм; φ = 30°; x - осевое перемещение подвижных дисков *15* и *20* от их среднего положения при $u_в$ = 1.

При P_y = 22,5 нитей/см; a = 6 %; $u_{см}$ = = 7,5; значения x и $u_в$ для разных значений $D_н$ приведены в табл. 1.2.18. При этом подскальный рычаг *4* отклоняется от своего первоначального положения на угол $\varphi_{ск}$ = 5 ÷ 10°.

1.2.18. Значения x

$D_н$, мм	x, мм	$u_в$
550	10,37	2,42
450	8,22	1,98
350	5,31	1,54
250	1,19	1,10
150	-5,12	0,65

На машине, оснащенной основным регулятором с клиноременным вариатором, можно вырабатывать ткани с плотностью по утку от $P_{y\,min}$ до $P_{y\,max}$:

$$P_{y\,min} = u_з u_{см} u_{в\,min} (1 + a_{min}/100) / (\pi D_{н\,min});$$

$$P_{y\,max} = u_з u_{см} u_{в\,max} (1 + a_{max}/100) / (\pi D_{н\,max}),$$

где $u_{в\,min} = D_{2min} / D_{1max}$; $u_{в\,max} = D_{2max} / D_{1min}$; D_{1max}; D_{2max}; D_{1min}; D_{2min} - максимальный и минимальный диаметры ведущего и ведомого дисков вариатора соответственно по средней линии контакта с ремнем; D_{1min} = = D_{2min} = 46 мм; D_{1max} = D_{2max} = 136 мм; $D_{н\,max}$; $D_{н\,min}$ - максимальный и минимальный диаметры намотки основы на навое; $D_{н\,max}$ = 600 ÷ 800 мм; $D_{н\,min}$ = 146 ÷ 200 мм; a_{min}; a_{max} - минимальная и максимальная уработка основы в ткань, %; a_{min} = 3,5 %; a_{max} = 12,8 %.

Зиачения плотностей приведены в табл. 1.2.19.

1.2.19. Плотность тканей по утку P_y, нитей/см

$u_{см}$	$P_{y\min}$	$P_{y\max}$
2,5	4,2	8,4
5	8,4	16,8
7,5	12,5	25,2
10	16,7	33,6
12,5	20,9	42
15	25,1	50,4
20	33,4	67,2
25	41,8	83,9

Заправочное натяжение осиовы T_0 создается посредством грузов *26*, устанавливаемых на грузовом рычаге *8* или системы *3* - *7* (см. рис. 1.2.38). По мере срабатывания навоя иатяжение осиовы T_0 и угол поворота навоя $\alpha_н$ иепрерывно возрастают.

Высокие скорости прокладки утка потребовали повышения скорости воздействия осиовного регулятора на возникающие возмущения, которые обеспечивают электромеханические системы с электронным управлением, например, по типу Вилли Гроб (Германия). Осиовиой регулятор состоит из скала *1*, которое перемещается под действием осиовы *6* горизонтально, электронного датчика *2*, регулирующего привода *3*, электродвигателя *4* с редуктором *5* (рис. 1.2.41). Если укорачивается длина L_0 осиовы, скало приближается к датчику *2*, сигнал от датчика через регулирующий привод передается иа электродвигатель. Тахометр *7* сравнивает заданную скорость с реальной, и в случае отклоиения включает электродвигатель в направлении, соответствующем снижению возмущающего воздействия.

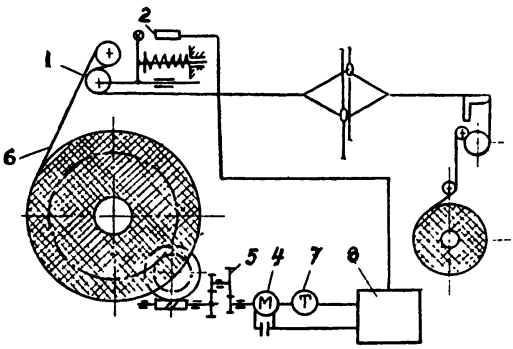


Рис. 1.2.41. Схема основного регулятора электромеханического действия фирмы Вилли Гроб

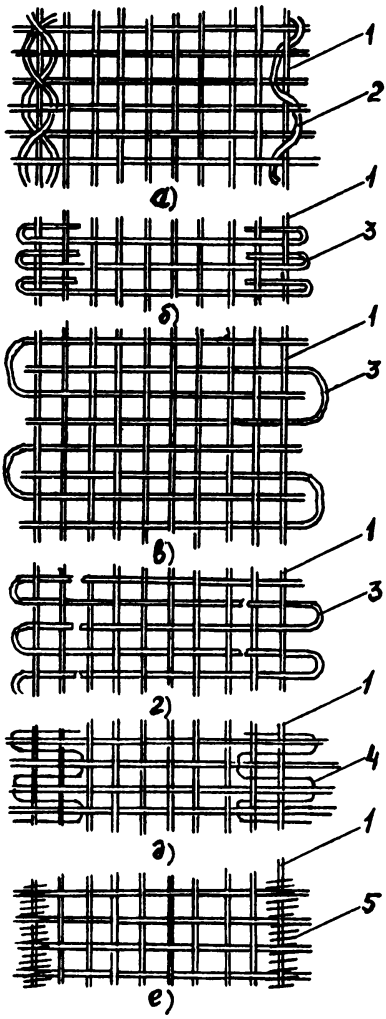


Рис. 1.2.42. Схемы образования кромок ткани на бесчелночных ткацких машинах

Для регулирования отпуска осиовы с двух навоев иа широких машинах, например, типа СТБ1-250 и других применяется уравнительный механизм дифференциального типа, который выравнивает натяжение и длину отпускаемых осиов, сходящих с двух соосно расположенных иавоев. При оценке осиовных регуляторов следует учитывать отклоиение иатяжения основы от заправочного зиачения за весь цикл срабатывания иавоя. Отклоиения, превышающие допустимые зиачения, являются признаком иевысокого качества осиовного регулятора.

Кромкообразующие механизмы (устройства).* Они предназиачены для формирования кромок ткани иа бесчелночных ткацких ма-

* Материал подготовлеи А. А. Туваевой.

шинах, на которых уточная нить после прокидки в зеве отрезается с одного или обоих краев вырабатываемой ткани, и поэтому крайние основные нити остаются незакрепленными утком. Для из закрепления необходимо формировать кромку ткани одним из следующих способов:

перевивкой краевых основных нитей *1* специальной перевивочной нитью *2* (рис. 1.2.42, *а*);

загибанием конца отрезанной уточной нити *3* в последующий зев (рис. 1.2.42, *б*), как это выполняется, например, на скоростных бесчелночных машинах типа СТБ и др.;

прокладкой уточных нитей *3* в виде скобок (рис. 1.2.42, *в*, *г*);

обметкой, брошюрованием и оплеткой специальной нитью *4* (рис. 1.2.42, *д*);

нанесением на краевые основные нити клея *5*, пленки; расплавлением легкоплавких краевых основных нитей (рис. 1.2.42, *е*).

Указанные кромки значительно уступают по качеству натуральным кромкам тканей, сформированным на челночных ткацких машинах.

Наиболее прочная кромка - закладная. Современные устройства для образования закладной кромки являются пространственными с несколькими степенями свободы (рис. 1.2.43). Они состоят из механизмов: движения иглы *10* кромкоукладчика; движения нитеуловителя *11*; привода ножниц *12* и центрирующих створок *13*; регулятора *1 - 6'* положения иглы и нитеуловителя относительно опушки ткани в зависимости от ширины прибойной полоски вырабатываемой ткани.

Назначение иглы *10* - завести отрезанный (или освобожденный из зажимов прокладчика) конец проложенной в зеве уточной нити *9* в следующий зев для последующего прибоя к опушке ткани. Игла совершает сложное движение в плоскости $X_1O_1Z_1$, параллельной XOZ, которое складывается из качательного относительно оси 0_5 и поступательного продольного вдоль основных нитей (вдоль оси OX) движений. Качательное движение сообщается игле от пространственного пазового кулачка *7* посредством рычага *28* и системы ползунов *29*. Поступательное движение игла получает от пазового кулачка *8*, рычага *26* с кулисой и ползуна *27*. Рычаг *26* в нижней части шарнирно закреплен на звене *25* регулятора и может вместе с регулятором изменять свое положение. Изменение закона поступательного движения иглы под действием регулятора практически не изменяет параметры поперечного движения.

В зависимости от толщины уточной нити применяют иглы с разной шириной b щели крючка: №1) b = 0,2 мм, текс ≤ 22,2; №2) b = = 0,4 мм, 22,2 ≤ текс < 50; №3) b = 0,6 мм, 50 ≤ текс < 111; №4) b = 0,8 мм, 111 ≤ текс ≤ ≤ 333.

Нитеуловитель *11* захватывает уточную нить на линии прокладывания в зеве перед разрезанием ее ножницами (или освобождением из зажимов прокладчика), далее удерживает в своих зажимах отрезанный (освобожденный) конец нити, подводит его в натянутом состоянии синхронно движению берда и уточной нити к опушке ткани для прибоя бердом, накладывает нить на крючок иглы и удерживает конец ее в натянутом состоянии до тех пор, пока не будет гарантирована заводка его в последующий зев иглой *10*. Нитеуловитель совершает сложное движение в вертикальной плоскости, которое складывается из возвратно-поступательного вдоль основы (оси O_1X_1) и качательного относительно оси 0_6 движений. Возвратно-поступательное движение он получает от пазового кулачка *22* посредством рычага *24* и ползуна *17*. Рычаг *24* шарнирно закреплен на звене *25'* регулятора и перемещается вместе с ним. Качательное движение нитеуловителю сообщается от кулачка *23* через коромысло *20*, на конце которого шарнирно закреплена прямолинейная кулиса *16* для ползуна *17*.

Ножницы *12*, которые перерезают уточную нить, и створки *13*, центрирующие нить для захвата ее нитеуловителем, шарнирно закреплены на рычаге *15*, совершающем качательное движение в вертикальной плоскости под действием кулачка *21*. В створках ножниц выполнены профильные пазы, в которых скользит ролик *14*, вращающийся на оси рычага *15*. При подъеме и опускании рычага створки и ножницы открываются и закрываются, центрируя и отрезая нить для нитеуловителя.

Регулятор изменяет ход и положение по глубине станка рабочих органов иглы и нитеуловителя в зависимости от положения опушки ткани. Он состоит из кулачка *6* и контркулачка *6'*, приводящих в движение посредством роликов *5* и *5'* звено *4 - 4'*, которое имеет прямолинейный паз, проходящий через ось качания. В пазу расположен ползун *3*, шарнирно соединенный с четырехзвенником. Посредством звена *4* и ползуна *3* сообщается движение рамке *1*, которая несет на себе опоры *25* и *25'* коромысел *26* и *24* иглы *10* и нитеуловителя *11*. Размах рамки *1* зависит от установки ползуна *3* в пазу звена *4*. Положение ползуна изменяется поворотом кривошипа *18*, который через шатун *19* передает движение рамке *1'* и посредством звеньев *2* и *2'* перемещает ползун *3*. После перемещения ползуна при настройке кромкообразующего механизма (КМ) кривошип *18* закрепляют и рамка *1'* превращается в неподвижную стойку.

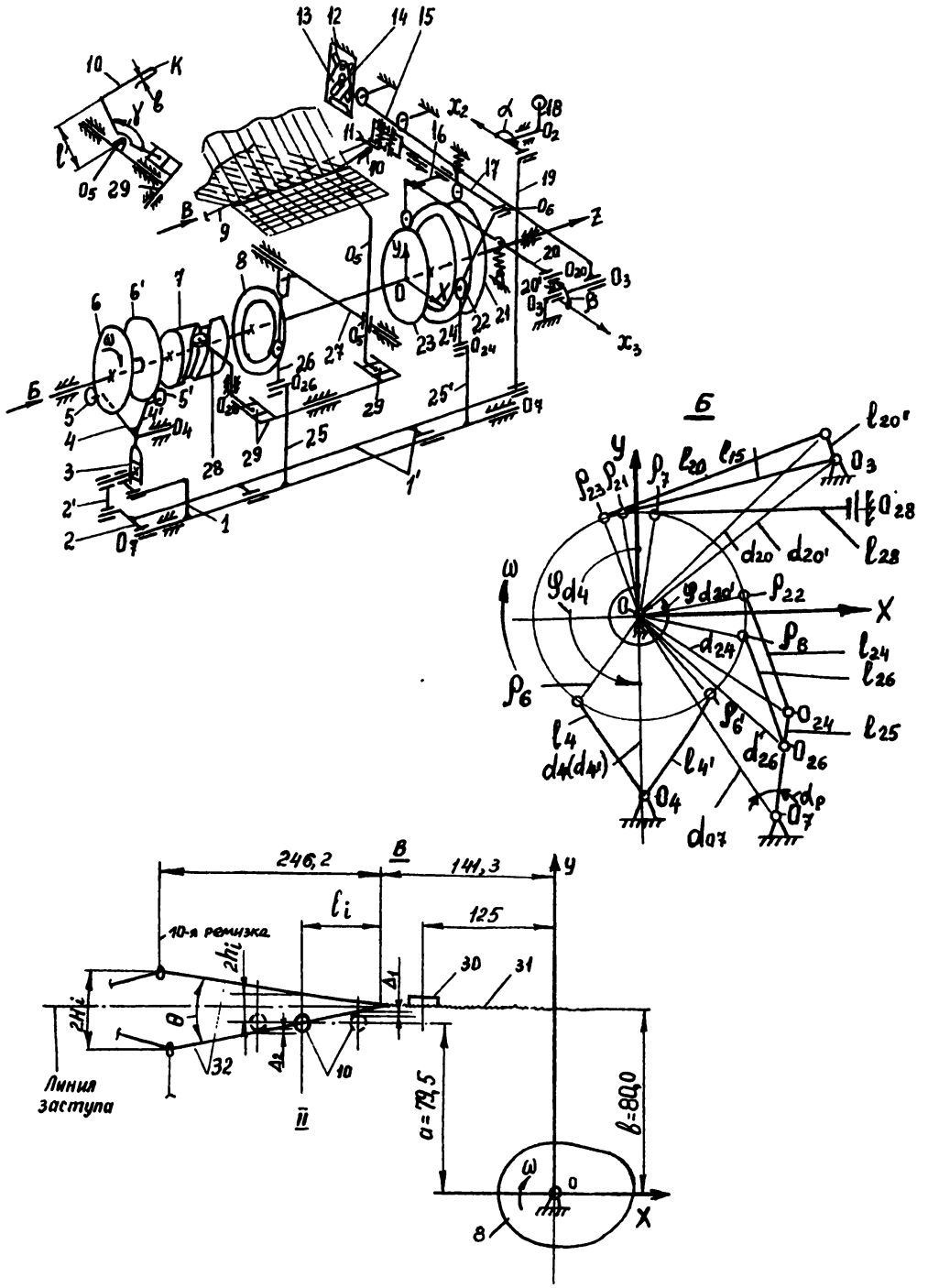


Рис. 1.2.43. Кинематическая схема кромкообразующего механизма для образования закладной кромки (загибанием конца отрезанной уточной нити в последующий зев) ткацких машин типа СТБ и фирмы Зульцер:
Б - расположение кулачковых механизмов относительно кулачкового вала КМ;
В - увязка параметров зевообразующего механизма и иглы в момент входа в зев

При выработке ткани с разной плотностью по основе и утку для образования высококачественной закладной кромки рекомендуется изменять регулируемые параметры соответственно прибойной полоске в следующих пределах: $95° \le \alpha \le 270°$; $20° \le \beta \le 190°$; $\gamma = 169° \pm 1°$; 162 мм $\le l \le$ 168 мм при значении заступа $\varphi_{заст} \ge 20°$.

Пределы смещения траекторий иглы и нитеводителя при разных настройках механизмов машины СТБ1-250 приведены в табл. 1.2.20 .

При соблюдении рекомендуемых значений настраиваемых параметров общий диапазон регулирования КМ позволяет вырабатывать широкий ассортимент тканей с закладной кромкой. Структурная схема и конструкция КМ при изменении регулируемых параметров обеспечивают незначительное изменение аналогов ускорения перемещений в направлении осей X, Y, Z (табл. 1.2.21): $X''_К$, $Z''_К$ и $X''_Т$, $Y''_Т$ механизмов иглы (точки К) и нитеуловителя (точки Т).

1.2.20. Максимальное смещение траекторий иглы и нитеуловителя по осям, мм

Зона	Угол поворота главного вала φ, °	X	Z	X	Y
		Игла		Нитеуловитель	
Захвата уточины	4,5	-	-	3,0	5,6
Прибоя	50 ÷ 54	11,2	6,0	1,1	3,7
Накидывания конца уточины на крючок иглы	122 ÷ 282	-	-	10,0	4,8
Захвата крючком иглы и укладки конца уточины в зев	250 ÷ 320	22,0	1,3	-	-

1.2.21. Максимальные амплитуды аналогов ускорений иглы и нитеуловителя машины СТБ1-250 по осям, мм

Настроечные параметры			X	Z	X	Y
			Игла*		Нитеуловитель	
α, °	β, °	l, мм	Угол поворота главного вала ТМ φ, °			
			140	38	20	340
93	17,25	165			595,545	-75,192
	107,25	159	-250,088	-181,419	591,195	-69,092
		165	-250,463	-187,349		
		171	-250,829	-193,283		
	197,25	165			587,524	-66,031
192,5	17,25	165			603,826	-95,109
	107,25	159	-255,107	-182,003	601,080	-86,372
		165	-255,381	-188,046		
		171	-255,592	-194,108		
	197,25	165			595,848	-81,874
273	17,25	165			594,710	-101,092
	107,25	159	-268,859	-181,440	590,360	-90,958
		165	-268,946	-187,371		
		171	-269,043	-193,304		
	197,25	165			586,607	-85,303

* $\gamma = 169$ °.

Число КМ на ткацкой машине зависит от количества вырабатываемых полотен ткани. Для одного полотна требуется два кромкообразующих устройства (левый и правый). Например, на ткацких машинах СТБ предусмотрены КМ уточно-боевой (УБК), приемной (ПК) и средней (СК) коробок. Различают КМ для широких и узких ткацких машин. Они различаются цикловыми диаграммами работы исполнительных механизмов. Кромкообразующие механизмы УБК и ПК имеют одинаковую кинематику и цикловые диаграммы, однако траектории игл и профили кулачков *7, 8, 22* левого КМ в соответствии с расположением на ткацкой машине являются зеркально отображенными соответствующих траектории и профилей кулачков правого КМ. Кулачковые механизмы скомпонованы вокруг кулачкового вала *0*, как показано на рис. 1.2.43, вид *Б*.

Основные геометрические характеристики кулачковых механизмов кромкообразующего устройства (см. рис. 1.2.43, вид *Б*): длины роликовых коромысел $l_{26} = 39{,}55$; $l_{20} = 148{,}38$; $l_{24} = 60{,}184$; $l_{28} = 37{,}5$; $l'_{20} = 1{,}5$; $l_4 = l'_4 = 30$; $l_{15} = 119{,}808$ мм; расстояния между осью OZ вращения кулачкового вала и осями поворота коромысел $00_4 = d_4 = d_{4'} = 56$; $x_{028} = d_{28} = 36$; $00_3 = d_{20Y} = 144{,}807$ мм; углы между координатной плоскостью ZOY и межцентровыми линиями d_i $\varphi_{d28} = 0$; $\varphi_{d4} = \varphi_{d4'} = 180°$; $\varphi_{d20Y} = 322{,}576°$ являются постоянными для каждого типа ткацких машин СТБ (выше приведены значения для машин СТБ-175, СТБ-216, СТБ-250). Расстояния между осью OZ и осями 0_{26} и 0_{24} поворота коромысел *26* и *24* зависят от наладки и работы регулятора *1 - 6'*;

$$d_{26} = 98{,}48\sqrt{1{,}227 - \cos\left[\alpha_p\left(\varphi_{ГВ}, \alpha\right)\right]};$$

$$d_{24} = 76{,}26\sqrt{1{,}77 - \cos\left[\alpha_p\left(\varphi_{ГВ}, \alpha\right)\right]},$$

где

$$\alpha_p(\varphi_{ГВ}, \alpha) = [0{,}906\cos(0{,}929\alpha) + 0{,}095]\cdot\gamma(\varphi_{ГВ}) + 0{,}37;$$

для СТБ-216

$$\gamma\left(\varphi_{ГВ}\right) = \begin{cases} 0, \text{ если } 12 \le \varphi_{ГВ} < 148°; \\ -0{,}293 + 0{,}114\varphi_{ГВ} + 0{,}017\sin\left(6{,}67\varphi_{ГВ} - 17{,}22\right), \\ \text{если } 148 \le \varphi_{ГВ} < 202°; \\ 0{,}107, \text{ если } 202 \le \varphi_{ГВ} \le 320°; \\ 0{,}766 - 0{,}117\varphi_{ГВ} + 0{,}017\sin\left(6{,}923\varphi_{ГВ} - 38{,}66\right), \\ \text{если } 320 \le \varphi_{ГВ} < 372°, \end{cases}$$

где $\varphi_{ГВ}$ - угол поворота ГВ; $93{,}653 \le \alpha \le 273{,}256°$ - угол наклона рукоятки регулятора к оси O_2X_2.

На СТБ-216 параметры $d_{26} = 56{,}867$ и $d_{24} = 69{,}965$ мм сохраняют постоянные значения и не зависят от α при $12 \le \varphi \le 150°$, и изменяются в зависимости от α при $150 \le \varphi < 200°$. Если $200 \le \varphi < 320°$, то d_{26} и $d_{24} = \text{const}$ и для настройки:

$\alpha = 93{,}563° \rightarrow d_{26} = 57{,}35$, $d_{24} = 71{,}64$ мм;

$\alpha = 273{,}256° \rightarrow d_{26} = 50{,}51$, $d_{24} = 68{,}18$ мм;

$\alpha = 193{,}343° \rightarrow d_{26} = 57{,}867$, $d_{24} = 69{,}965$ мм.

Соответственно изменяются углы

$$\varphi_{d26} = \begin{vmatrix} 225{,}444° \\ 217{,}057°, \\ 221{,}971° \end{vmatrix} \quad \varphi_{d24} = \begin{vmatrix} 212{,}908° \\ 208{,}489°, \\ 210{,}955° \end{vmatrix}$$

$$\text{если } \alpha = \begin{vmatrix} 93{,}563° \\ 273{,}256°. \\ 193{,}343° \end{vmatrix}$$

Длина коромысла l_{20} и угол φ_{d20} зависят от настроечного угла β (см. рис. 1.2.43):

$$l_{20} = \begin{vmatrix} 143{,}507 \text{ мм} \\ 146{,}108 \text{ мм}, \end{vmatrix} \quad \varphi_{d20} = \begin{vmatrix} 322{,}061° \\ 323{,}090°, \end{vmatrix}$$

$$\text{если } \beta = \begin{vmatrix} 17{,}25° \\ 197{,}25°. \end{vmatrix}$$

Углы давлений λ_{kl} кулачковых механизмов КМ не превосходят предельно допустимых и изменяются в следующих интервалах (табл. 1.2.22).

1.2.22. Углы давления кулачковых механизмов КМ

Кулачок	Угол давления λ_{kl}, °
7	-44,117 ÷ 45,522
8*	-32,415 ÷ 18,052
22*	-40,794 ÷ 37,539
23	-21,108 ÷ -9,238
21	12,831 ÷ 34,858
6	-31,131 ÷ 42,902
6′	-33,881 ÷ 45,235

* Углы λ_{k8} и λ_{k22} зависят от настройки угла α регулятора:

$$\lambda_{k8} = \begin{vmatrix} -31{,}808 \div 26{,}526^\circ \\ -34{,}349 \div 10{,}761^\circ \end{vmatrix}; \quad \lambda_{k22} = \begin{vmatrix} -38{,}486 \div 37{,}134^\circ \\ -43{,}247 \div 37{,}404^\circ \end{vmatrix},$$

$$\text{если } \alpha = \begin{vmatrix} 93{,}563^\circ \\ 273{,}256^\circ \end{vmatrix}.$$

Наиболее нагружены кулачки *7*, *8*, *22* и *23* (см. рис. 1.2.43) привода нитеуловителя и иглы (табл. 1.2.23). Данные табл. 1.2.23 получены для настройки: $\alpha = 273°$, $\beta = 107°$, $\gamma = 169°$, $l = 165$ мм, $\omega_{гв} = 26{,}183$ с$^{-1}$.

Для образования закладной кромки необходима согласованность движений рабочих органов КМ с перемещениями берда и ремизок и положением опушки ткани. С этой целью анализируют совместные диаграммы перемещения точки K иглы $S_н$ (кривая *1*), точки T нитеуловителя $S_н$ (кривая *2*) и берда $S_б$ (кривая *3*), которые приведены на рис. 1.2.44, *а* для настройки КМ машины типа СТБ1-250: $\alpha = 273°$, $\beta = 197°$, $\gamma = 169°$, $l =$ $= 165$ мм, где D и C - соответственно начало и конец движения берда к опушке ткани; F и G - начало и конец горизонтального движения нитеуловителя вдоль основных нитей к опушке ткани; H - начало выстоя нитеуловителя в ожидании иглы для последующего накидывания на нее конца нити; E и F - начало и конец захвата нити нитеуловителем на линии ее прокидки в зеве. Рассогласования движений $S_н$ и $S_б$ и $S_н$ в момент прибоя утка для данной настройки КМ $\Delta_н = S_н - S_б = 2$ мм, $\Delta_н =$ $= S_н - S_б = 3$ мм. Согласно инструкции по настройке КМ при прибое уточины к опушке ткани допускается опережение нитеуловителем передней грани берда до 2 мм и отставание до 1 мм. Это обеспечивает надежное перемещение уточной нити от линии ее прокладки в зеве в зону прибоя.

1.2.23. Максимальные нормальные силы между роликами и кулачками *7*, *8*, *22* и *23*, координаты, аналоги скоростей и ускорений иглы (точка *K*) и нитеуловителя (точка *T*) ткацкой машины СТБ-216*

Параметр	Игла		Параметр	Нитеуловитель	
$\varphi_{гв}$, °	14	132	$\varphi_{гв}$, °	58	337
$Z_к$, мм	134	109	$X_т$, мм	147	174
$Z'_к$, мм/рад	47	-41	$X'_т$, мм/рад	-45	91
$Z''_к$, мм/рад^2	207	186	$X''_т$, мм/рад^2	299	-123
F_7, Н	1278	1064	F_{22}, Н	269	304
$\varphi_{гв}$, °	160	190	$\varphi_{гв}$, °	58	337
$X_к$, мм	138	154	$Y_т$, мм	114	111
$X'_к$, мм/рад	21	9	$Y'_т$, мм/рад	7	-12
$X''_к$, мм/рад^2	234	-85	$Y''_т$, мм/рад^2	-50	83
F_8, Н	196	136	F_{23}, Н	103	111

* $\omega_{гв} = 26{,}183$ с$^{-1}$; настройка $\alpha = 273°$, $\beta = 107°$, $\gamma = 169°$, $l = 165$ мм.

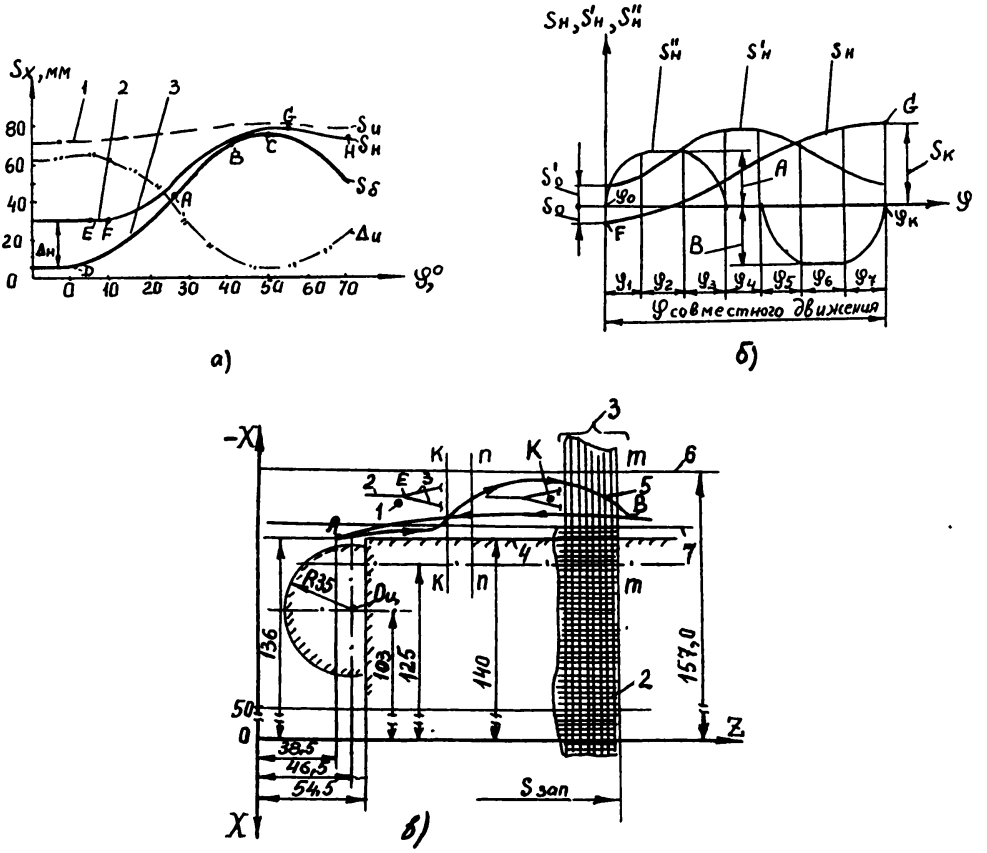


Рис. 1.2.44. Синхронная диаграмма перемещений берда $S_б$, иглы $S_и$, нитеуловителя $S_н$, и рассогласований движения иглы $\Delta_и$ и нитеуловителя $\Delta_н$ с бердом ткацкой машины СТБ1-250 при настройке $\alpha = 273°$; $\beta = 197°$ (*а*); обобщенный закон движения нитеуловителя и иглы и его параметры (*б*); увязка траектории движения иглы приемной коробки с параметрами ткацкой машины (*в*):
1 - игла; *2* - ткань; *3* - основные нити; *4* - кронштейн; *5* - траектория точки *K* иглы; *6* - бердо в крайнем заднем положении; *7* - опушка ткани

Закон движения точки T нитеуловителя по оси X на участке совместного движения с бердом ($\varphi = 10 \div 53°$ для СТБ1-250) должен удовлетворять следующим конструктивным и технологическим ограничениям:

движение H к опушке ткани должно заканчиваться при $\varphi_к = \varphi_п + 3 \div 4°$;

при $\varphi = 5°$ перемещение H от линии прокидки утка в зону прибоя не должно превышать 0,5 мм, по условиям отрезания нити ножницами $[(x_т)_{\varphi=5°} - (x_т)_{\varphi=0}] \le 0{,}5$ мм;

при $20 \le \varphi \le \varphi_п + 3 \div 4°$ рассогласование $\Delta_н$ в перемещениях нитеуловителя и берда на уровне заправочной линии ТМ не должно превышать 1 мм:

$$x_т - x_б = \Delta_н \le 1{,}0 \text{ мм}.$$

Форма кривой аналога ускорений H на этом участке аппроксимируется четырьмя ветвями синусоиды обобщенного закона движения с фазовыми углами и амплитудами A и B аналогов ускорений (см. рис. 1.2.44, *б*):

$(\varphi_0, \varphi_1, \varphi_3, \varphi_5) \to \text{var}$; $\varphi_2 = \varphi_4 = \varphi_6 = 0$;

$\varphi_к = \varphi_п + 3 \div 4°$; $\varphi_7 = (\varphi_к - \varphi_0) - (\varphi_1 + \varphi_3 + \varphi_5)$,

$\varphi_7 \ge 0$, или $(\varphi_1 + \varphi_3 + \varphi_5) \le (\varphi_к - \varphi_0)$.

Для СТБ-250 $\varphi_0 = 10$, $\varphi_1 = 9$, $\varphi_3 = 10$, $\varphi_5 = 15$, $\varphi_7 = 9$, $\varphi_к = 53°$, $A = 601$ мм, $B = -450$ мм, где $\varphi_п$ - угол поворота ГВ ткацкой машины при прибое утка к опушке ткани.

Изменением длительности фазовых углов с учетом ограничений можно существенно изменять форму аналога ускорения и закона движения нитеуловителя с целью минимизации амплитуд ускорений на выбранных участках движения. Фазы движения H по осям X, Y (табл. 1.2.24).

Движение иглы должно быть согласовано с перемещениями ремизок (см. рис. 1.2.43, вид B), берда (см. рис. 1.2.44, $в$) и параметрами ткацкой машины.

В фазе движения иглы под основными нитями ($\varphi = 50 \div 132°$) необходимо обеспечить условие:

$$h_i \le (b - a) - d / 2 - \Delta_1;\ h_i \le (0{,}5 \div 0{,}05)\ \text{мм},$$

где $2h_i$ - высота раскрытого зева на уровне точки K иглы в i-м положении (см. рис. 1.2.43, вид B); $b = 80{,}0$ мм - расстояние по вертикали от оси OZ до линии заступа; $a = 79{,}5$ мм - расстояние по вертикали от оси OZ до плоскости движения точки K иглы; $d = 0{,}8$ мм - диаметр иглы; $\Delta_1 = 0{,}1$ мм - зазор между иглой и нижней ветвью зева.

В фазе движения иглы в зеве над нижней ветвью зева ($\varphi = 155 \div 320°$)

$$h_i \ge (b - a) + d / 2 + \Delta_2;\ h_i \ge (0{,}5 \div 1{,}1)\ \text{мм},$$

где $\Delta_2 = 0{,}2$ мм - зазор между иглой и нижней ветвью зева.

При условии $\Delta_1,\ \Delta_2 \to 0$ игла находится под основой, если $h_i \le 0{,}1$ мм, и над основой, если $h_i \ge 2{,}5$ мм при $132 \le \varphi \le 155°$, в случае средней настройки: $\alpha = 192{,}5°$, $\gamma = 169°$, $l = 165$ мм. В фазе $132 \le \varphi \le 155°$ игла входит в зев, совершая поперечное движение вдоль оси OZ не более чем на 6 мм:

$$(z_i)_{132 \le \varphi \le 155°} \le 6\ \text{мм}.$$

Координата X_K точки K иглы при ее движении вдоль основы в направлении от опушки ни при каких наладках и положениях не должна превышать 157 мм: $|X_K|_{50 \le \varphi \le 168°} \le 157$ мм, что связано с конструктивными ограничениями общего хода ползуна *29* в кулисе (см. рис. 1.2.43).

Игла в фазе $\varphi = 50 \div 132°$ без соударений должна обойти шпарутку и ее кронштейн, т.е. при $|z_i|_K \ge 54{,}5$ мм должно выполняться условие $|X_i|_K \ge 140$ мм (рис. 1.2.44, $в$).

1.2.24. Фазы движения нитеуловителя КМ уточно-боевой и приемной коробок ткацкой машины СТБ1-250 (настройка: $\alpha = 192{,}5°$, $\beta = 107{,}25°$)

Угол поворота ГВ φ,°	Координаты точки T в конце фазы движения, мм		Фазы движения нитеуловителя	Технологические операции
	X	Y		
4,5	-189,5	71	Выстой на линии прокидки	Захват конца уточной нити на линии прокидки
11 ÷ 53	-139	76,8	Движение с нитью к опушке ткани	-
53 ÷ 72	-144	76	Движение с нитью от опушки ткани	-
72 ÷ 123	-144	76	Выстой в ожидании иглы	-
123 ÷ 181	-151	71	Движение от опушки и опускание	-
181 ÷ 212	-151	71	Выстой	-
221 ÷ 247	-153	78	Подъем и движение от опушки	-
247 ÷ 282	-140,5	81	Подъем и движение к опушке ткани	Накидывание конца нити на иглу
282 ÷ 347	-190	74	Движение без нити от опушки к линии прокидки утка, опускание	-
347 ÷ 4,5	-189,5	71	Опускание, движение к опушке ткани	Зажим уточной нити в лапках нитеуловителя

Если $|z_i|_к < 54{,}5$, то необходимо обеспечить

$$R = 35{,}0 < \sqrt{(x_i - x_ц)^2 + (z_i - z_ц)^2},$$

где $x_ц$, $z_ц$ - координаты центра окружности, обозначающей контур кронштейна шпарутки; x_i, z_i - текущие координаты точки K иглы.

Участок от линии n - n до m - m является шириной кромки ткани (см. рис. 1.2.44, *в*). Начало и конец движения иглы в фазе рабочего хода (за нитью и с нитью) характеризуется углами и координатами точки K: φ_0 и $\varphi_к$, X_0, Z_0 и $X_к$, $Z_к$ ($\varphi_0 = 50$, $\varphi_к = 220°$, $X_0 = -136$ мм, $Z_0 = -38{,}5$ мм, $X_к = -143$ мм; $Z_к = -141$ мм для СТБ-250, КМ УБК). Фазы движения иглы по осям X и Z (табл. 1.2.25).

Обобщенный закон движения иглы по осям X и Z из-под шпарутки за линию движения нитеуловителя и обратно характеризуется на каждом участке фазовыми углами φ_{ix}, φ_{iz} ($i = 0 \div 7$, к), координатами X_i и Z_i положения точки K иглы, амплитудами A_x, B_x, A_z, B_z аналогов ускорения подобно закону движения нитеуловителя (см. рис. 1.2.44, *б*).

Движение иглы к нитеуловителю по оси X может быть описано тремя синусоидами на трех участках перемещения: I - из-под шпарутки от точки A (см. рис. 1.2.44, *в*) до положения под нижней ветвью зева на линии k - k; II - из-под основных нитей в положение над основными нитями нижней ветви зева за линией n - n; III - из зева за нитеуловитель до точки B. Перемещение иглы по оси Z можно описать двумя синусоидами на двух участках перемещения: I - под основными нитями до переходной линии k - k; II - над нижней ветвью зева от линии k - k до линии m - m и далее до точки B.

Форма кривой аналога ускорений точки К иглы на каждом из участков может быть описана четырьмя участками синусоид обобщенного закона движения с фазовыми углами φ_1, φ_3, φ_5 и φ_7 (см. рис. 1.2.44, *б*), меняя которые по длительности, можно изменять форму аналога ускорения и закона движения иглы на каждом участке, при $\varphi_2 = \varphi_4 = \varphi_6 = 0$.

Рекомендуемые параметры закона движения иглы уточно-боевой коробки на участках I - III для СТБ1-250 (начало боя 105, заступ 345° поворота ГВ) приведены в табл. 1.2.26; $i = 0$ и к - соответствуют началу и концу фазы.

1.2.25. Фазы движения иглы КМ уточно-боевой и приемной коробок ткацкой машины СТБ1-250 (настройка: $\alpha = 192{,}5°$, $\gamma = 169°$, $l = 165$ мм)

Угол поворота ГВ φ,°	Координаты точки K в конце фазы движения, мм		Фазы движения иглы
	X	Z	
50	-136	∓38,5	Мгновенный останов за шпаруткой
50 ÷ 132	-140	∓105	От шпарутки к опушке и к нитеуловителю под тканью
132 ÷ 155	-154	∓111	Вход в зев
155 ÷ 168	-156,2	∓119	Вдоль основы в зеве
168 ÷ 203	-145	∓140	В зеве к нитеуловителю
203 ÷ 214	-143	∓141	Вне зева, вдоль H к опушке ткани
214 ÷ 250	-140	∓147	Вне зева к опушке (наброс нити на иглу)
250 ÷ 280	-144	∓137	От H в зев и от опушки (захват нити крючком)
280 ÷ 320	-146	∓107	Вдоль опушки в зеве (укладка конца нити к опушке)
320 ÷ 325	-147	∓103	Выход из зева под основу
325 ÷ 340	-148	∓92	Движение под основой
340 ÷ 350	-136	∓38,5	Движение под тканью

Примечания. 1. Рабочий ход иглы от $\varphi = 140 \div 320°$.

2. Холостой ход иглы от $\varphi = 135°$.

1.2.26. Параметры закона движения иглы УБК СТБ1-250 по осям

Участок движения i	X							Z						
	Фазовый угол φ_{ix}, °					X_0, мм	$X_к$, мм	Фазовый угол φ_{iz}, °					Z_0, мм	$Z_к$, мм
	0	1	3	5	к			0	1	3	5	к		
I	50	10,359	14,454	15,467	118,322	-138,0	-141,1	50	22,898	20,734	22,111	144,764	-45,0	-107,164
II	118,322	14,303	10,600	11,415	172,584	-141,1	-155,5	144,764	15,168	17,055	22,588	214	-107,164	-139,710
III	172,584	12,309	11,240	11,182	214	-155,5	-143,0							

Механизмы питания утком и смены цвета.* Известны два способа питания ТМ утком: челночный и бесчелночный. При челночном способе уточная нить *1* вводится в зев с паковки *2*, находящейся в челноке *3* и движущейся вместе с ним (рис. 1.2.45).

Такой способ применяют на челночных однозонных и многозонных ТМ. Паковки здесь представляют уточные шпули на бумажных, пластмассовых и деревянных патронах; катушки или початки. Последние применяют при переработке нитей большой линейной плотности. Размеры уточных паковок выбирают в зависимости от размеров и конструкции челноков. На многозонных ТМ уток сматывается с катушек, вложенных в малогабаритный челнок. При этом нить на катушке имеет длину на одну прокладку.

Питание утком бесчелночных ТМ выполняется по двум схемам (рис. 1.2.46):

а) нить *1* сматывается и прокладывается в зеве посредством нитепрокладчика *6* с неподвижной паковки *2* через ряд нитенаправителей *3*, уточный тормоз *4* и компенсатор *5*;

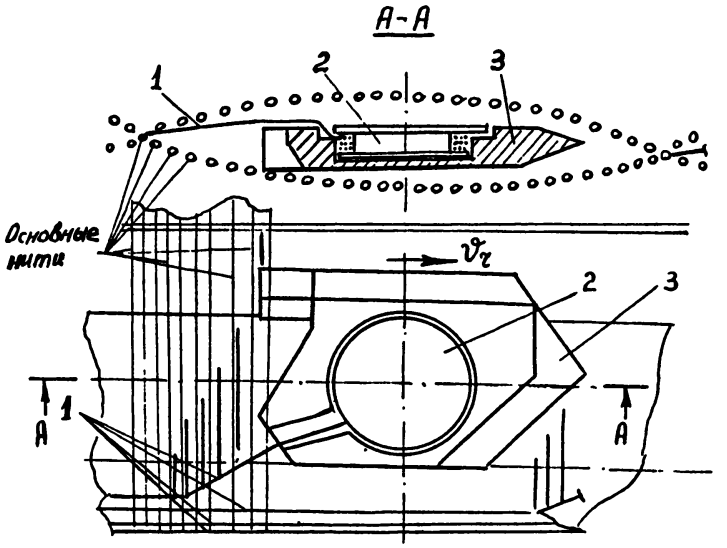


Рис. 1.2.45. Схема челночного питания утком многозонной ткацкой машины типа ТММ-360

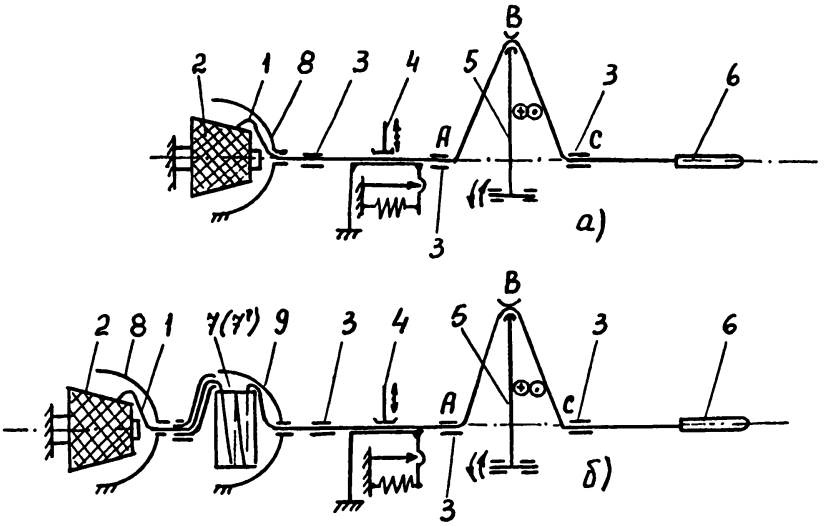


Рис. 1.2.46. Схема питания утком бесчелночных ткацких машин:
а - с паковки; *б* - с нитенакопителя

* Материал подготовлен А. А. Туваевой.

б) нить *1* непрерывно сматывается с паковки *2* и накапливается в уточном накопителе *7*, или отмеривающем устройстве *7'*, откуда поступает в зев через уточный тормоз *4* и компенсатор *5* посредством нитепрокладчика *6*.

В обеих схемах возможно как одностороннее левое, например в машине СТБ, или правое, например в машине АТПР, так и двустороннее питание ТМ утком, что зависит от способа прокладывания утка в зеве. Уточные паковки в форме конических или цилиндрических бобин крестовой намотки высотой L = 128 ÷ 180 мм и диаметром D = 150 ÷ 200 мм при диаметре патрона d = 40 ÷ 50 мм устанавливают на шпулярнике (рис. 1.2.47) на откидных бобинодержателях *3* для облегчения смены. На шпулярнике устанавливают рабочие *1* и резервные *2* паковки; при этом нижний конец нити рабочей паковки привязан к верхнему ее концу резервной паковки для обеспечения непрерывности сматывания.

Питание утком с нитенакопителя или отмеривающего устройства имеет преимущества по сравнению с первой схемой: 1) нить сматывается с паковки со скоростью в 2 - 3 раза меньшей, чем по первой схеме; в результате уменьшаются количество слетов витков с паковки и обрывов утка в этой зоне; 2) нить *1* сматывается в зев с барабана *7* (*7'*) (см. рис. 1.2.46), для которого характерны постоянные диаметр, коэффициент трения нити по его поверхности, угол наклона витков к его образующей, высота баллона разматываемой нити; поэтому условия сматывания и среднее за цикл прокладывания в зеве натяжение нити остаются неизменными от прокидки к прокидке; при этом натяжение нити меньше в 1,5 - 2 раза по сравнению с натяжением нити, сматываемой в зев непосредственно с паковки; 3) при питании утком с отмеривающего устройства *7'* обеспечивается также контроль длины нити, отпускаемой в зев, что особенно важно для пневматического, пневморапирного и гидравлического способов прокладывания утка в зеве.

Нитенакопитель или отмеривающее устройство устанавливают на минимальном расстоянии от уточного тормоза, чтобы уменьшить массу разгоняемой в момент боя нити. Вокруг барабана нитенакопителя и уточных паковок устанавливают баллоноограничители *9* и *8* из оргстекла в соответствии с формой барабана (паковки).

Нитенакопитель и отмеривающее устройство предназначены для того, чтобы в каждом цикле работы ТМ сматывать с неподвижной паковки уточную нить длиной l_y (которая необходима для формирования элемента ткани), накапливать ее и затем отпускать для прокладки в зеве:

$$l_y = S_з\,(1 + a_y / 100) + 2\,l_к,$$

где $S_з$ - заправочная ширина ткани; a_y = 3,5 ÷ 12,8 % - уработка утка в ткань, в %; $l_к$ = 10 ÷ 15 мм - длина уточной нити, необходимая для формирования кромки.

На ТМ с прокладыванием утка пластинами-зажимами применяют нитенакопители по типу фирмы Зульцер (рис. 1.2.48). Накапливаемая нить *3* проходит через полость вращающегося вала *1* и его отогнутый конец с нитенаправителем. Далее нить попадает под выступы наклонного кольца *11*, установленного на подшипнике вала, смещается им и через нитенаправитель *6* баллоноограничителя *5* сматывается со свободного конца барабанчика *4* нитепрокладчиком *7*. Число витков нити контролируется фотоэлементом, а неподвижность барабанчика обеспечивается магнитами *9* и *8*. Наклонное кольцо *11* снабжено выступами *2*, входящими в прорези *10* барабанчика и смещающими витки нити по поверхности барабанчика *4*. Полый вал имеет противовес *12* для балансировки всей вращающейся системы. На входе нити в уточный накопитель установлен нитенатяжитель тарельчатого, пластинчатого или иного типа. Накопитель позволяет повысить на 10 ÷ 20 % коэффициент полезного времени ТМ при улучшении качества

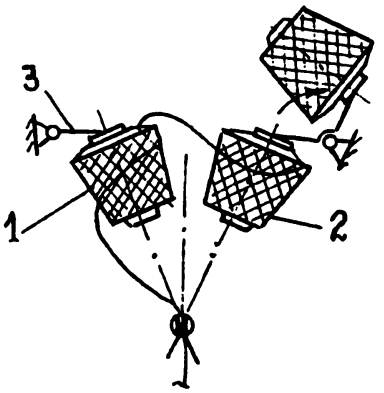


Рис. 1.2.47. Схема шпулярника для непрерывного сматывания нити

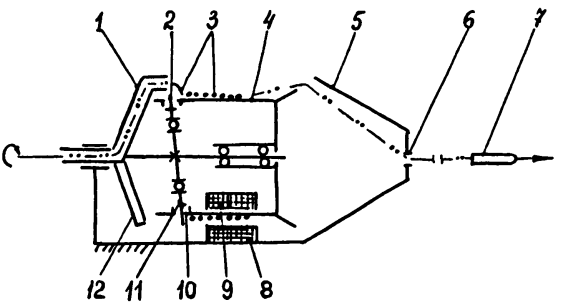


Рис. 1.2.48. Схема нитенакопителя фирмы Зульцер

ткани, устраняет влияние колебаний натяжения сматываемой с паковки нити на процесс прокладывания в зеве, позволяет перерабатывать как тонкие, так и толстые тяжелые нити. В современных конструкциях нитенакопителей наблюдается стремление к повышению точности длины накапливаемой нити путем установки электронных следящих систем, а также скорости накопления нити при наименьшем механическом воздействии на нее за счет бесконтактных следящих систем; сохранению постоянства ее натяжения в процессе промежуточного наматывания и отпуска в зев.

Компенсатор 5 (см. рис. 1.2.46, *а*, *б*) предназначен для возвращения излишней уточной нити из зева перед прибоем ее к опушке, чтобы обеспечить формирование ткани определенной структуры и плотности. Возвращаемая нить накапливается в форме петли ABC, которая постепенно отпускается в зев во время разгона нитепрокладчика при следующей прокладке. Этим обеспечивается плавный разгон нити, сматываемой с нитенакопителя или паковки. Наибольшее распространение получили компенсаторы кулачково-рычажного типа. Например, на ТМ СТБ компенсатор *1* получает движение от кулачка *2* посредством роликового коромысла *3*, закрепленного на компенсаторе (рис. 1.2.49). Цикл движения компенсатора $t_к$ равен времени одного оборота главного вала ТМ:

$$t_к = 60 / n = t_о + t_{в.н} + t_п + t_{в.в},$$

где n - частота вращения главного вала ТМ, мин$^{-1}$; $t_о$, $t_{в.н}$, $t_п$, $t_{в.в}$ - время опускания, выстоя внизу, подъема, выстоя вверху соответственно, с; $t_о = (5 \div 10)\, t_р$; $t_р$ - время разгона нитепрокладчика; $t_{в.н} = 2/3\ (S_з / v_н)$; $S_з$ - заправочная ширина ткацкой машины, м; $v_н$ - средняя скорость нитепрокладчика в зеве, м/с; $t_п \geq t_т + t_{выт} + t_{воз}$; $t_т$ - время торможения нитепрокладчика в приемной коробке; $t_{выт}$ - время выталкивания нитепрокладчика из приемной коробки; $t_{воз}$ - время возврата уточной нити после ее отрезания.

Длина рычага L компенсатора равна 195 ÷ 250 мм в зависимости от ширины ТМ; угол α_{min} его наклона в верхнем положении к вертикали равен 10 ÷ 30°; закон его движения согласуется с законом движения нитепрокладчика, выталкивателя, возвратчика, а также со свойствами нити. Опускание компенсатора происходит с опережением начала разгона нитепрокладчика на величину угла $\varphi_{оп}$ поворота главного вала ТМ. Для нитей малой линейной плотности (10 ÷ 20 текс) принимают $\varphi_{оп} = 5 \div 6°$; для средней (30 ÷ 80 текс) $\varphi_{оп} = 15 \div 16°$; для большой (100 ÷ 300 текс) $\varphi_{оп} = 27 \div 36°$. Длина нити, возвращаемая из зева в петлю ABC (см. рис. 1.2.49),

$$L_к = L_в + L_{возв} + L_п + L_и = AB + BC - AC,$$

где $L_в \approx 50$ мм - длина нити, возвращаемая при выталкивании прокладчика из приемной коробки; $L_{возв} \approx 130$ мм - дина нити, возвращаемая возвратчиком; $L_п = 20 \div 40$ мм - длина нити, возвращаемая при опережающем подъеме компенсатора; $L_и$ - длина нити, набегаемая в зев по инерции при торможении; $L_и = TSv_п^2/(2F_{тр})$; $S = S_з + S_1$; T - линейная плотность нити, кг/м; $S_з$ - заправочная ширина ткацкой машины, м; S_1 - длина уточной нити от тормоза до левой кромки ткани, м; $v_п$ - средняя скорость нитепрокладчика, м/с; $F_{тр} = 0{,}5 \div 2{,}5$ Н - максимальная сила трения нити в тормозе во время посадки прокладчика в приемную коробку.

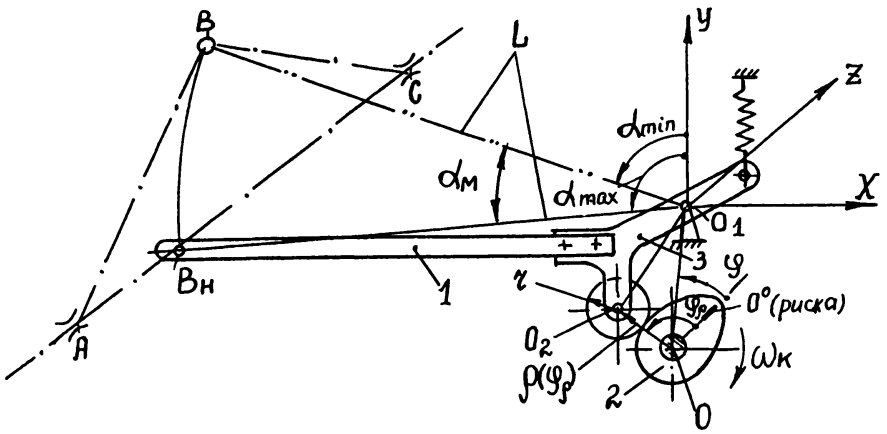


Рис. 1.2.49. Механизм компенсации уточной нити одноцветной ткацкой машины типа СТБ

При выработке конкретного артикула ткани с увеличением скорости ткацкой машины независимо от ее заправочной ширины сила $F_{тр}=F_р/k$ не должна изменяться (где $F_р$ - разрывная прочность нити, Н; $2,0 < k \le 4,0 + 7,0$ - коэффициент запаса прочности нити). Чем выше k, тем шире ассортимент перерабатываемых нитей. Принимают при проектировании компенсаторов СТБ $kT/F_р = 1,0$. В этом случае при переработке нити линейной плотности 100 текс и $F_{тр} = 100$ Н длина компенсационной петли $L_к = 265; 298; 323; 475$ мм соответственно для СТБ-180, -220, -250, -330 с частотой вращения ГВ $n = 400, 380, 360, 330$ мин$^{-1}$.

Увеличение длины компенсационной петли достигается посредством увеличения длины L рычага компенсатора и амплитуды его качания $\alpha_м$. В зависимости от заправочной ширины, скорости работы, вида нитей ткацкие машины СТБ укомплектовывают механизмами компенсации с взаимозаменяемыми по установочным размерам кулачками, которые обеспечивают амплитуду качания $\alpha_м = 55, 60, 65, 70°$ и рычагами компенсатора с $L = 195, 210, 220, 230$ и 250 мм.

Механизм привода компенсатора должен обеспечивать максимальную скорость отпуска уточной нити из петли ABC (см. рис. 1.2.49) к моменту начала сматывания нити с бобины или накопителя с целью уменьшения ее натяжения:

$$F_{пм} = \left(\frac{F_0^{\delta} T}{\varepsilon_0}\right)^{1/(\delta+1)} \times$$

$$\times \left[v_п - \frac{2L\frac{d\alpha_c}{dt}\cos\frac{(\pi/2)-\alpha_c}{2}}{\sqrt{1+x^2\Big/\left(4L^2\sin\frac{(\pi/2)-\alpha_c}{2}\right)}} \right]^{2/(\delta+1)} \times$$

$$\times e^{4f\beta},$$

где $F_{пм}$ - наибольший максимум натяжения уточной нити за прокладчиком в фазе опускания компенсатора; L - длина рычага компенсатора; α_c - угол отклонения компенсатора от вертикали в момент начала сматывания нити с бобины или накопителя; $(d\alpha_c/dt)$ - угловая скорость поворота компенсатора при α_c; $2x$ - расстояние между нитепроводниками A и C; $v_п$ - скорость движения прокладчика утка; ε_0 - относительное удлинение нити под воздействием силы F_0; F_0 - средний рабочий диапазон изменения натяжения утка; δ - коэффициент, зависящий от физико-механических свойств нити; f - коэффициент трения нити о материал нитепроводника; β - угол огибания нитью нитепроводников;

$$\beta = \arccos\left(1+\frac{4L^2\sin^2 0{,}5(\pi/2-\alpha_c)}{x^2}\right)^{-0,5}.$$

Значения максимумов натяжения и параметров нити при $L = 207$ мм, $x = 70$ мм, $(d\alpha_c/dt) = 30,4$ с$^{-1}$, $v_п = 20$ м/с, $f = 0,25$ приведены в табл. 1.2.27.

Натяжение $F_{пм}$ является причиной обрывов и потерь нити прокладчиком. Чтобы уменьшить $F_{пм}$, необходимо увеличить величину $L(d\alpha_c/dt)$ при удовлетворении ограничений по контактным напряжениям и углам давления в паре кулачок - ролик компенсатора, по исключению подрезания кулачка; ограничений, связанных с геометрией заправочной линии уточной нити. При скорости главного вала ткацкой машины не более $n = 400$ мин$^{-1}$ допускается зависимость углового перемещения компенсатора в фазе опускания (подъема)

$$\alpha(\varphi) = \alpha_{min} + (\alpha_{max} - \alpha_{min}) \times$$

$$\times\left(\frac{\varphi-\varphi_н}{\varphi_к-\varphi_н} - \frac{1}{2\pi}\sin\frac{2\pi(\varphi-\varphi_н)}{\varphi_к-\varphi_н}\right),$$

1.2.27. Максимумы натяжения и параметры нити

Нить, текс	δ	F_0, Н	ε_0	α_c, °	$F_{пм}$, Н
Хлопчатобумажная, 105	0,34	0,784	0,0203	40	1,66
Хлопчатобумажная, 214	0,42	1,27	0,0282	40	2,54
Хлопчатобумажная, 332	0,44	1,47	0,0367	40	3,02
Полушерстяная, 500	0,41	3,92	0,0306	40	6,07
Химволокно, 376	0,53	16,2	0,00521	40	27,9
Химволокно, 385	0,90	6,86	0,0122	40	13,8

1.2.28. Параметры механизмов компенсации ткацких машин СТБ

Параметры	Заправочная ширина ткацкой машины, см						
	180	220	250	280	330	360	390
$n_{тв}$, мин$^{-1}$	400	360	340	340	320	300	300
$v_п$, м/с	26,93	29,49	31,60	35,25	39,12	40,15	43,48
L, мм	195	210	220	230	250	250	250
α_c, °	42,06	43,59	44,45	45,45	47,13	47,13	47,13
$d\alpha_c/dt$, с$^{-1}$	83,83	84,06	85,27	90,76	90,99	93,37	101,14

где $\alpha(\varphi)$, α_{min}, α_{max}, - текущий, минимальный, максимальный углы отклонения компенсатора от вертикали; $\alpha_{min} = 90° - \alpha_м$; $\alpha_{max} = 90°$; $\alpha_м = 2\arcsin\left[\sqrt{L_к(L_к + 4x)}/(4L)\right]$; $\alpha_м \le 90° - [\alpha_{min}]$, $[\alpha_{min}] = 9 \div 11°$; φ, $\varphi_н$, $\varphi_к$ - текущий, начальный и конечный углы поворота ГВ для фазы опускания компенсатора.

При выработке разных тканей на ткацких машинах СТБ применяют сменные рычаги компенсатора. Рекомендуемые параметры механизма компенсации, при которых обеспечивается допустимая величина $F_{пм}$, даны в табл. 1.2.28.

Фазовые углы компенсатора на участках опускания и подъема $\varphi_н = \varphi_б - \varphi_{оп}$; $\varphi_б = 120°$ (для СТБ второго поколения); $\varphi_к = \varphi_н + \varphi_0$; $\varphi_0 = 6n_{тв}t_0$; $\varphi_{вн} = (275{+}285°) - \varphi_к$; $\varphi_п = \varphi_{п1} + \varphi_{п2}$; $\varphi_{п1} = 360° - (275{+}285°)$; $\varphi_{п2} \ge \varphi_{воз} = 60°$ (для СТБ-180); $\varphi_{нп1} = 275 \div 285°$; $\varphi_{кп1} = \varphi_{нп2} = 360°$; $\varphi_{кп2} \ge \varphi_{к.воз}$; $\varphi_{вв} = \varphi_н - \varphi_{кп2}$; $\varphi_{к.воз} = 60°$; $\varphi_{вн}$, $\varphi_{вв}$, $\varphi_{п1}$, $\varphi_{п2}$ - углы поворота ГВ, соответствующие выстою внизу, первому и второму подъемам компенсатора; $\varphi_{воз}$ - угол поворота ГВ, соответствующий возврату отрезанного у левой кромки ткани конца уточной нити к месту зарядки ею нитепрокладчика; $\varphi_{нп1}$, $\varphi_{кп1}$, $\varphi_{нп2}$, $\varphi_{кп2}$ - фазовые углы начала и конца первого и второго подъемов компенсатора.

При известном законе движения компенсатора с учетом фазовых углов и конструктивных ограничений координаты профиля кулачка $\rho(\varphi_\rho)$; φ_ρ для одноцветных ткацких машин СТБ (см. рис. 1.2.49)

$$\rho(\varphi_\rho) = [(O_2O_1)^2 + (O_1O)^2 - 2(O_2O_1)(O_1O)\cos\angle(OO_1O_2)]^{1/2};$$

$$\varphi_\rho = \varphi + \angle O_2OO_1;\ \angle OO_1O_2 = 180° - \alpha(\varphi) - \angle(B_нO_1O_2);$$

$$\angle O_2OO_1 = \arcsin[(O_2O_1/\rho(\varphi_\rho)\sin\angle(OO_1O_2)];$$

$$\varphi_н \le \varphi \le \varphi_к.$$

Для СТБ-180 $OO_1 = 70$ мм, $O_1O_2 = 32$ мм, $r = 18$ мм, $\angle B_нO_1O_2 \le 60°$.

Аналогично рассчитывают параметры движения компенсатора и координаты профиля кулачка на участках подъема, учитывая $L_{п1} = L_в + L_и + + L_п/2$; $L_{п2} = L_{возв} + L_п/2$; $L_{и1}$, $L_{п2}$ - длины уточной нити, вытягиваемые компенсатором в петлю ABC при первом и втором подъемах; $\alpha_{мп1} = \alpha_{мп1}(L_{и1}, \varphi_{п1})$; $\alpha_{мп2} = \alpha_{мп2}(L_{п2}, \varphi_{п2})$ - максимальные амплитуды отклонения компенсатора при первом и втором подъемах:

$$\alpha_м = 2\arcsin\left[\sqrt{x_0^2 - x^2}/(2L)\right];\ x_0 = L_к/2 + x;$$

$$\alpha_{мп1} = 2\arcsin\left[\sqrt{x_{п1}^2 - x^2}/(2L)\right];$$

$$x_{п1} = L_{и1}/2 + x;\ \alpha_{мп2} = \alpha_м - \alpha_{мп1};$$

$$\alpha_c = \alpha_м/2 + \alpha_{min}.$$

Уточный тормоз 4 (см. рис. 1.2.46, *а*, *б*) создает определенное натяжение нити в периоды: передачи прокладчику; прокладывания в зеве; возврата из зева; перед прибоем к

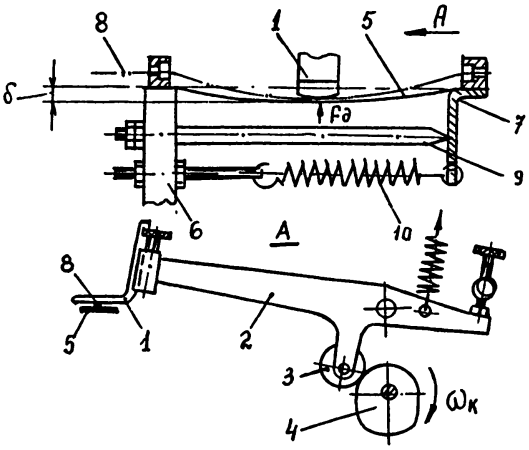


Рис. 1.2.50. Механизм торможения уточной нити одноцветной ткацкой машины типа СТБ

опушке ткани. Перед разгоном нитепрокладчика рычаг *2* уточного тормоза (рис. 1.2.50) под действием кулачкового привода *3*, *4* поднимается над гибкой тормозной лентой *5* на 1 ÷ 3 мм, освобождая нить *8* для прокладки в зеве. Лента *5* закреплена одним концом неподвижно в кронштейне *6*, а другим - в рычаге *7*. Рычаг *7* находится под действием пружины *10* и качается на оси *9*. В конце прокладывания в зеве нить прижимается к ленте силой $F_д$ = 0,5 ÷ 4 Н, в зависимости от вида нити и скорости ее движения, чтобы предотвратить ее излишнее набегание в зев по инерции. Сила $F_д$ регулируется посредством натяжения ленты пружиной *10* и изменением значения ее прогиба δ путем перемещения лапки *1* на рычаге *2*, а также подбором жесткости ленты. Натяжение ленты можно изменять в интервале 0,3÷ 2,5 Н; прогиб ленты δ устанавливают 2 ÷ 8 мм; толщина ленты b = 0,3 ÷ 1,5 мм.

На современных ТМ наряду с механическими конструкциями применяют электромагнитные уточные тормоза.

Механизм смены вида уточной нити (МСУ) обеспечивает подачу к нитепрокладчику нити заданного вида, соответствующей рисунку вырабатываемой ткани. На челночных ТМ применяют механизмы смены уточных паковок и челноков, а на бесчелночных - МСУ. Последние имеют следующие механизмы (рис. 1.2.51): приводы *30*, *31*, *36*, *37*; аккумуляторы *28*, *34*; суммирующие *21* - *25*; передаточные *5* - *7*, *19*; фиксирования *10*, *12* - *15*; исполнительные *1* - *4*, *8*; демпфирующие *20*; предохранительные *18*. Исполнительным звеном может быть каретка *8* с возвратчиками *16* утка или несколько нитедержателей с нитями, как на рапирных ткацких машинах.

Каретка совершает качательное движение и может размещаться с одной или двух сторон относительно зева, удерживает в своих пазах два, четыре или шесть возвратчиков в зависимости от числа цветов переключаемых нитей. Перемещение каретки или нитедержателей выполняется принудительно по сигналу в соответствии с программой, закодированной на перфоленте, которая установлена в механизме рисунка ремизоподъемной каретки, жаккардовой машины или специального программатора. В качестве программоносителя применяют также колковые, кулачковые, втулочно-роликовые цепи, наборы перфокарт, перфоленты, магнитные ленты и др.

Считывание сигнала с программоносителя осуществляется игольно-стержневыми, пневмо-, гидро-, электромеханическими устройствами. Исполнительное звено МСУ приводится в движение от рычажно-стержневого, зубчатого, мальтийского или кулачкового привода через суммирующий механизм в виде рычажно-стержневого, или зубчато-дифференциального механизма, который изменяет перемещение каретки, или нитедержателей, в зависимости от заданной программы при постоянном ходе ведущего звена. Например, на машине СТБ смену вида (цвета) уточной нити выполняют посредством каретки *8* с возвратчиками *16* утка *17*. В зев прокладывается та уточная нить, возвратчик которой находится на позиции зарядки прокладчика *11*. Возвратчики размещены в профилированных пазах *9* каретки с возможностью осевого перемещения.

По сигналу от программатора получают движение выходные рычаги *38* (показан один) ремизоподъемной каретки. Через вертикальные тяги *30*, *37* движение передается на приводные рычаги *31*, *36* МСУ, которые посредством штоков *33*, *35* сжимают пружины аккумуляторов *28*, *34*. Аккумуляторы позволяют согласовать циклограммы программирующего устройства каретки ЗОМ с циклограммой МСУ. Сжатие пружины аккумулятора *28* (*34*) при увеличении размера S происходит под действием шайбы *27* и гайки *26* штока *33* (*35*), а при уменьшении размера S - под действием шайбы *29* и заплечика *32* штока.

Во время сжатия пружин система - рычаги *23*, *25*, суммирующий рычаг *22*, тяга *19*, вал *5*, коническая зубчатая передача *6*, *7* - и каретка *8* застопорены посредством фиксирующего ролика *15*, находящегося в пазу фиксатора *10*. Выход ролика из паза фиксатора совершается под действием привода *12* - *14*, а звенья *1* - *5*, *6* - *8*, *10*, *19* - *25* приводятся в движение под действием сжатых пружин аккумулятора *28* или *34*, или обоих одновременно. При этом происходит смена положения каретки с возвратчиками утка, а также уточных компенсаторов и тормозов, которые приводятся парой кулачков *1*, управляемых через звенья *2* - *4* от звена *5* МСУ. Суммирующий рычаг *22* соединен осями *21* и *24* с трехплечими рычагами *23* и *25* и может занимать два, четыре (в зависимости от числа цветов и аккумуляторов в системе) возможных положений.

На рис. 1.2.51, *а* показан четырехцветный МСУ, следовательно, каретка *8* в соответствии с работой тяг управления *30* и *37*, аккумуляторов *28*, *34* может занимать четыре возможных положения: *a*, *b*, *c*, *d* (см. 1.2.51, *б*), из которых одно будет всегда соответствовать рабочему положению, т.е. такому, при котором возвратчик с утком находятся на линии зарядки прокладчика. Если работает пружина аккумулятора *28*, то осуществляется вариант переключений *a* - *b*, *b* - *a*, *c* - *d*, *d* - *c*, если работает пружина аккумулятора *34*, то возможны варианты *a* - *c*, *c* - *a*, *b* - *d*, *d* - *b*. При работе обеих пружин одновременно осу-

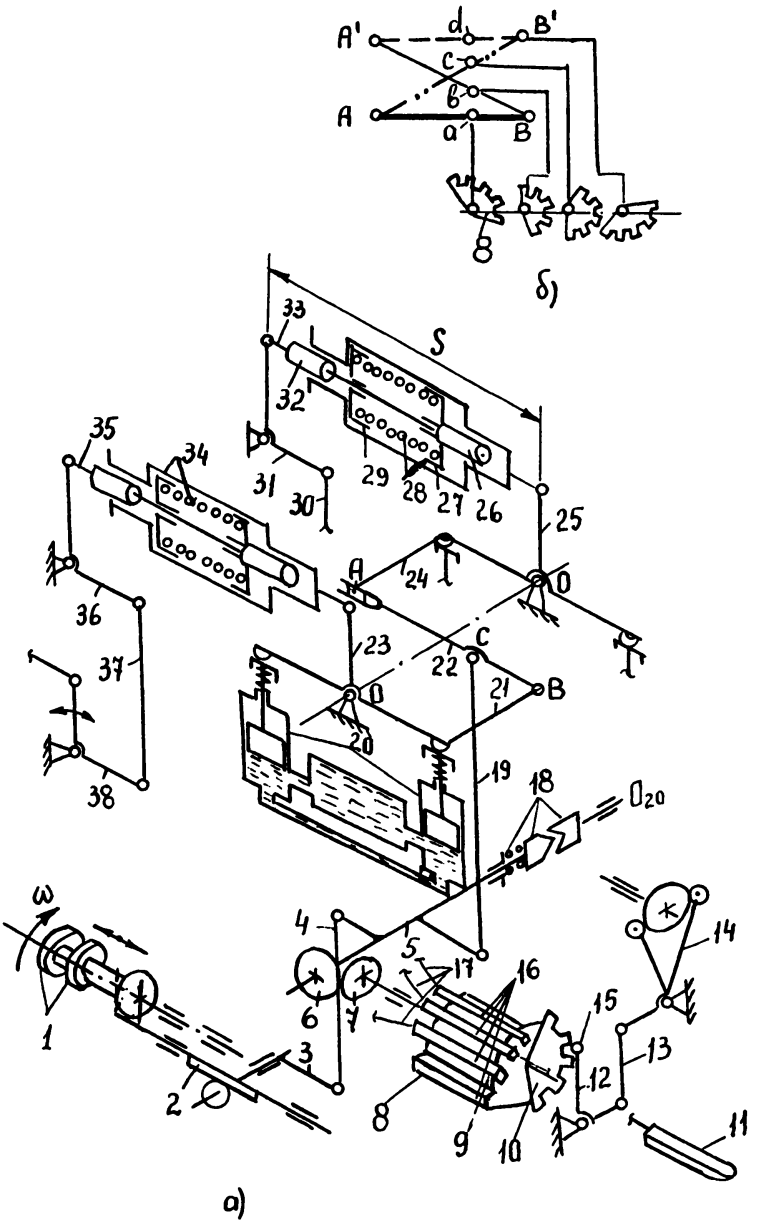


Рис. 1.2.51. Кинематическая схема четырехцветного механизма смены цвета утка ткацкой машины типа СТБ (*а*) и возможные положения управляемого звена каретки *8* (*б*)

ществляются варианты *a* - *d*, *d* - *a*, *b* - *c*, *c* - *b*. Для устранения ударов и излишних колебаний системы МСУ в конце разрядки пружин аккумуляторов срабатывают гидравлические демпферы *20*, в которых гашение избыточной энергии происходит за счет перетекания масла из гидроцилиндра через отверстия малого диаметра.

Задача расчета МСУ состоит в определении жесткости пружин аккумуляторов и коэффициентов демпфирования амортизаторов, удовлетворяющих условиям зарядки и разрядки, чтобы каретка *8* занимала определенное положение за отведенное цикловой диаграммой время.

Контролирующие и автоматизирующие устройства.* Для повышения производительности труда на ткацких машинах применяют различные контролирующие (КУ) и автоматизирующие (АУ) устройства для контроля и автоматизации основных и вспомогательных операций. Все машины снабжены КУ при обрыве основных нитей - основонаблюдателями (ОН). В ОН каждая основная нить продевается в отверстие тонкой стальной пластины (ламель), которая продолговатой прорезью устанавливается на плоскую либо зубчатую рейку. Ламель при обрыве нити основы под собственным весом опускается на рейку. Размеры ламелей ОН стандартизованы: длина 120÷180, ширина 7÷16, толщина 0,2÷0,65 мм. Масса ламели (0,8÷8,1 г) выбирается в зависимости от линейной плотности пряжи. Для пряжи 40÷25 текс применяют ламели массой 2÷3 г, для пряжи 25÷11 текс - ламели массой 1÷2 г. Плотность размещения ламелей на рейке в зависимости от их толщины приведена ниже:

Толщина ламели, мм	0,2	0,3	0,4
Плотность размещения ламелей на 1 см	15÷20	11÷14	8÷10

Различают ОН механического (рис. 1.2.52) и электрического типа. Привод зубчатой рейки *7* осуществляется от промежуточного вала *1* через эксцентрик *2* и рычажную систему *3* - *6*. Второе плечо рычага *4* поднимает и опускает подвижную тягу *8* с упором *9* относительно ударника *11*. При опущенной ламели блокируется движение зубчатой рейки. При этом прекращается движение рычага *4*, который не поднимает тягу *8* с упором *9* относительно ударника *11*. При подходе батана *10* в переднее положение ударник *11* отклоняет упор *9*, который через прилив рукоятки *12* выключает пусковой рычаг *13*.

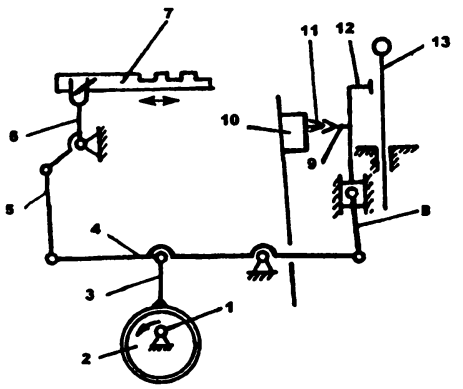


Рис. 1.2.52. Механический основонаблюдатель

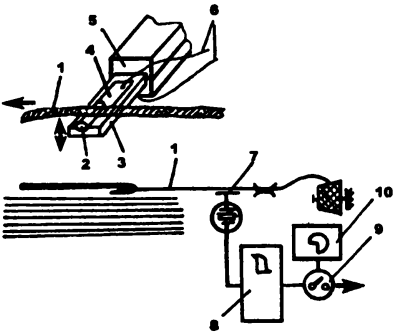


Рис. 1.2.53. Внешний пьезоэлектрический уточный останов:
1 - уточная нить; *2* - чувствительный элемент; *3* - пьезокристалл; *4* - контактные пластины; *5* - держатель; *6* - соединительная линия; *7* - пьезочувствительный элемент; *8* - пороговое устройство; *9* - бинарный датчик; *10* - микропроцессорное устройство

Машины снабжены также КУ при обрыве или сходе уточной нити, их располагают внутри или вне зева у кромки ткани. Различают КУ уточной нити механического, электромеханического и пьезоэлектрического типа (рис. 1.2.53). На челночных машинах такой КУ - механизм уточной вилочки (МУВ) подает сигнал на АУ смены уточной паковки или останов машины и одновременно на недосечный механизм товарного регулятора, который устраняет образование брака ткани.

АУ питания утком ткацкой машины решают путем: 1) смены уточных шпуль и трубчатых початков (АСШ), вкладываемых в челнок; 2) смены челноков; 3) питания с неподвижных уточных паковок большой емкости. В первом случае при обрыве или доработке уточной нити шпуля автоматически удаляется из челнока и заменяется новой. Во втором случае автоматически меняется челнок вместе со шпулей и применяется при переработке уточной пряжи, не допускающей ударного воздействия (например, шелк, стекловолокно и др.). Третий применим на бесчелночных машинах с различными способами прокладки уточной нити. На челночных машинах смену утка осуществляют автоматы: барабанного типа для шпуль с перемоткой и без перемотки утка и ручейного типа для трубчатых початков; ящичного типа с аналогичными шпулями и початками с одновременным отысканием уточины специальным устройством; уточно-перемоточная головка фирмы Юнифил (АУПГ). Наиболее распространены автоматы смены шпуль барабанного типа на одночелночных машинах (рис. 1.2.54). АСШ барабанного типа нуждаются в ручной зарядке барабанов. Они состоят из трех механизмов: включения (МВ), смены шпуль (МСШ), предохранения (МП).

* Материал подготовлен Ю. И. Урсковым.

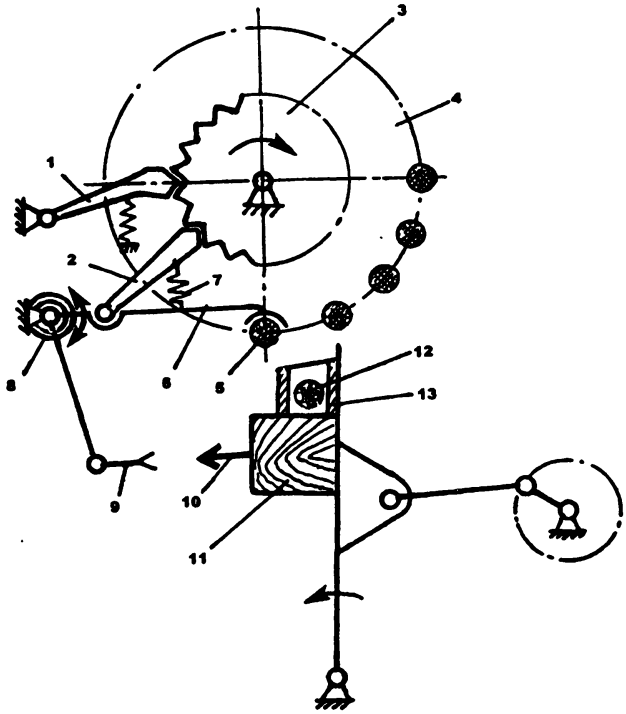


Рис. 1.2.54. Автоматизирующее устройство смены шпуль барабанного типа челночной ТМ

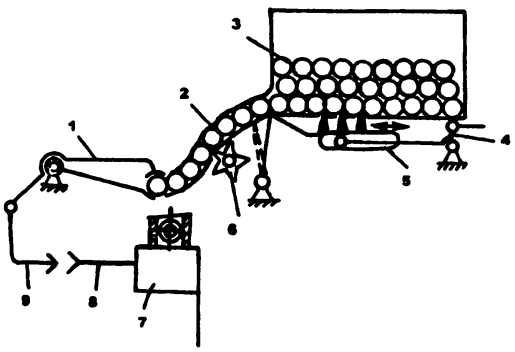


Рис. 1.2.55. Автомат смены шпуль ящичного типа: *1* **- вшибатель;** *2* **- магазин;** *3* **- ящик;** *4* **- рычажная система привода;** *5* **- качающаяся планка с иглами;** *6* **- транспортирующая звездочка;** *7* **- брус батана;** *8* **- ударник;** *9* **- приемник**

МВ состоит из рычажной системы, которая при обрыве или доработке уточной нити устанавливает приемник *9* на пути ударника *10*. МСШ содержит механизм вшибателя, производящий смену, и механизм питания, который подает очередную шпулю к вшибателю. Механизм вшибателя состоит из вшибателя *6*, приемника (бойка) *9* и ударника *10*. В исходное положение вшибатель возвращается пружинами *7* и *8*. Механизм питания состоит из магазина *4*, подающей *2* и запирающей *1* собачек, храповика *3*. Когда новая шпуля *5* выбивается из магазина *4* и переносится в челнок *13*, магазин должен оставаться неподвижным. Это обеспечивается собачкой *1* и храповиком *3*. После смены поворот магазина на один шаг выполняет собачка *2*. При опускании вшибателя она подается на следующий зуб храповика, а при подъеме вшибателя она поворачивает храповик с барабаном, причем собачка *1* не должна препятствовать повороту барабана. Механизм предохранения служит для отвода приемника *9* с пути движения ударника *10* при неправильном положении челнока в челночной коробке.

Автомат смены шпуль ящичного типа (рис. 1.2.55) позволяет устанавливать шпули, уложенные в ящики большого объема, непосредственно на уточно-мотальном автомате. Шпули подают из ящика и подготовляют для смены специальные механизмы. Замена шпули проводится на ходу без вмешательства ткача, челнок находится при этом в челночной коробке со стороны механизма смены и неподвижен относительно батана.

Автоматическая уточно-перемоточная головка "Юнифил" (рис. 1.2.56) служит для намотки шпуль непосредственно на машине и работает синхронно с ней. На АУПГ используют паковки массой менее 4 кг. Предусмот-

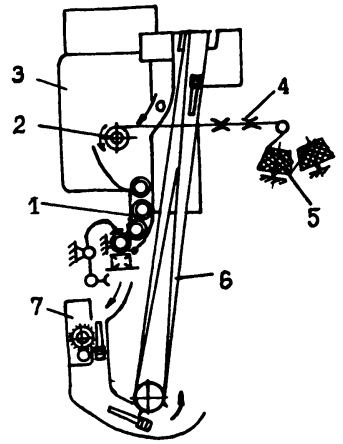


Рис. 1.2.56. Автоматическая уточно-перемоточная головка "Юнифил":
1 - магазин; *2* - мотальный механизм; *3* - привод; *4* - нитенатяжители; *5* - шпулярник; *6* - ленточный конвейер; *7* - механизм очистки шпуль

рены приспособления для использования паковок различного типа, регулирование натяжения утка в зависимости от вида и тонины нити, подача пустых шпуль конвейером. Преимущества АУПГ "Юнифил" следующие: не требуется уточно-перемоточного отдела и отдела очистки шпуль; уменьшается запас шпуль и количество угаров утка, а также число зарядчиц. Особенно эффективно использование АУПГ в шелковой промышленности.

На бесчелночных ТМ при обрыве уточной нити и применении ремизоподъемных кареток используют АУ "розыска раза" (АУРР). "Розыск раза" заключается в поиске зева, в котором произошел обрыв уточины. АУРР производят автоматический поворот вала зевообразующего механизма и остановку его в положении найденного зева. В АУРР использован индивидуальный привод. Исполнительное устройство АУРР связано с валом зевообразующего механизма и механизма смены цвета утка муфтой включения, которая при работе ТМ отключает АУРР. Механические АУ заменяют АУ с микропроцессорным управлением (АУМП), которые используют различные датчики, а в качестве исполнительных устройств применяют электромагниты, шаговые и линейные двигатели, электромагнитные муфты.

Приводные устройства. Они предназначены для обеспечения движения рабочих органов ткацких машин в режимах, удовлетворяющих требованиям технологического процесса. При всем многообразии и специфике конструкций приводов современных ткацких машин их можно свести к ограниченному кругу. На рис. 1.2.57 представлены кинематические схемы приводов ткацких машин. Все

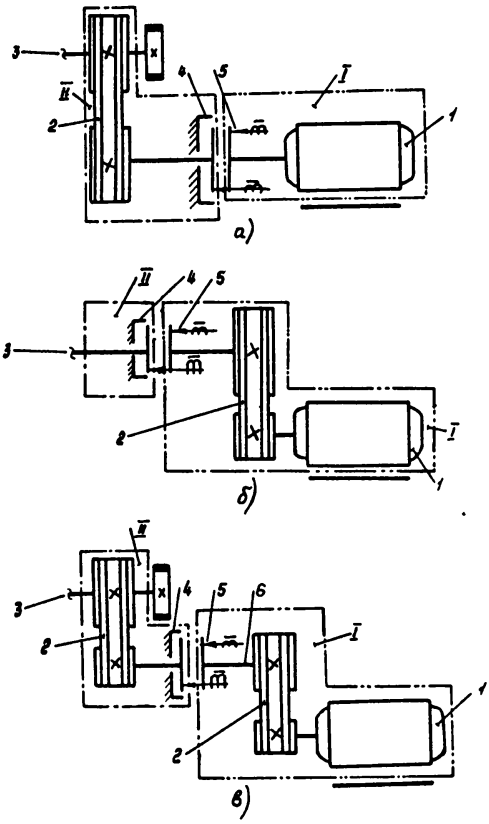


Рис. 1.2.57. Схемы приводов ткацкой машины

они включают в себя электродвигатель *1* и механическую передачу *2*, передающую движение с вала электродвигателя на главный вал *3*.

Движение от вала электродвигателя передается непосредственно главному валу *3* машины (рис. 1.2.57, *а*, *б*) или через промежуточный вал *6* (рис. 1.2.57, *в*). Наличие в конструкции привода промежуточного вала требует введения дополнительной механической передачи от промежуточного вала к главному валу.

Входящую в механизм разгона пусковую муфту *5* можно устанавливать на главном валу (рис. 1.2.57, *б*), на валу электродвигателя (рис. 1.2.57, *а*) и на промежуточном валу (рис. 1.2.57, *в*). Существуют приводы, не имеющие в механизме разгона пусковой муфты. Ведущая I и ведомая II части привода объединены в этом случае в единую систему. Тормоз *4* механизма останова можно устанавливать на главном валу машины (рис. 1.2.57, *б*), на валу электродвигателя (рис. 1.2.57, *а*) или на промежуточном валу (рис. 1.2.57, *в*). Возможно расположение муфты и тормоза отдельно друг от друга.

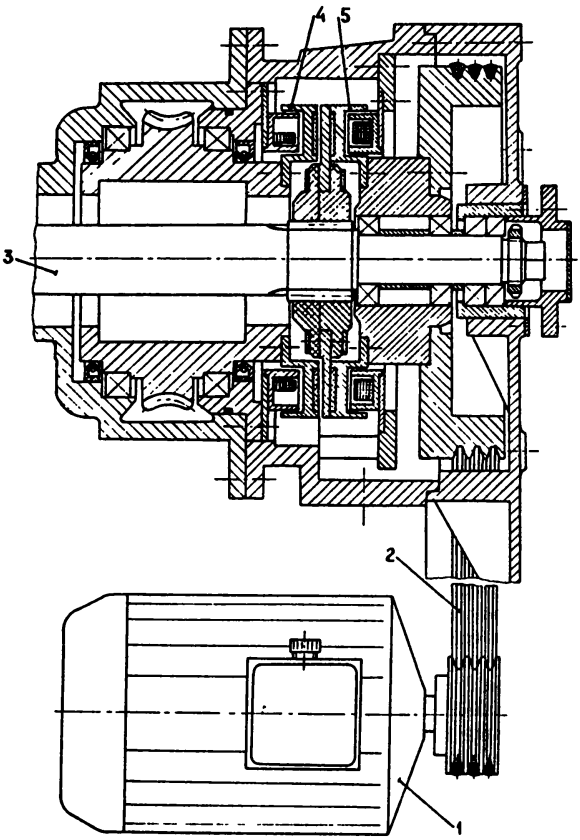


Рис. 1.2.58. Приводное и тормозное устройства ткацкой машины СТР-180:
1 - электродвигатель; *2* - механическая передача от электродвигателя к главному валу; *3* - главный вал; *4* - тормоз (однодисковый электромагнитный); *5* - сцепная муфта (однодисковая электромагнитная)

Основными составными элементами приводного и тормозного устройств ткацкой машины СТР-180 (Шуйский машиностроительный завод) являются (рис. 1.2.58): электродвигатель *1*, механическая передача *2* от электродвигателя к главному валу *3*, муфта *5*, тормоз *4*, устройство управления работой привода и тормоза (на рисунке не показано). По такой схеме компонуются приводные и тормозные устройства большинства моделей ткацких машин, например, АТПР, СТБ (Россия); LT (Тойода, Япония).

У моделей JH-100 (Еншу, Япония), ZA-200 (Цудакома, Япония) тормоз расположен на валу электродвигателя. Приводные устройства моделей АТПРВ-160 (Россия); Новостав (Чехия), Версамат 2G, Заурер 400 и 500 (Швейцария) имеют промежуточный вал и двухступенчатую передачу от ротора электродвигателя до главного вала. Муфта и тормоз в этом случае могут располагаться как на промежуточном (Версамат 2G, Заурер 400 и 500), так и на главном валу машины (АТПРВ-160). На машинах моделей С-11 (Кромптон и Ноулс, США) и Х-3, DLG (Дрейпер, США) используется двигатель специальной конструкции, имеющей на валу ротора муфту и тормоз. Фирма Пиканоль (Бельгия) оснащает ткацкие машины Президент MDC, PGW моноблоками, сочетающими двигатель, механические передачи, муфту и тормоз.

В приводных устройствах Флоромат, Велоуромат (Гюскен, Германия); JA, JAH, JAP (Тойода) используется дополнительный электродвигатель для обеспечения режима медленного движения. В качестве источников движения практически на всех ткацких машинах служат асинхронные электродвигатели. Передача движения от ротора электродвигателя к главному валу осуществляется зубчатыми (АТ, Россия), клиноременными (АТПР, СТБ, СТР) передачами или их комбинацией (АТПРВ-

160). Для обеспечения режима медленного движения в приводном устройстве машин иногда устанавливают цепную передачу.

В качестве муфт в приводных устройствах применяют фрикционные однодисковые (AT, ATПР, СТБ, Президент MDC, PGW) и многодисковые (HU, Чехия) муфты. Другие виды фрикционных муфт в приводах ткацких машин применяют редко. Для управления муфтой приводного устройства предназначены рычажные механизмы - ручное управление (AT, ATПР); электромагниты (СТР); серводвигатели. Широкое распространение в приводных устройствах ткацких машин получили однодисковые (Президент MDC и PGW) и многодисковые (Утас, Чехия) электромагнитные муфты. Управление работой электромагнитной муфты осуществляется от кнопочного пульта управления.

Тормозные устройства. В тормозных устройствах применяют ленточные (СТБ, Зульцер, Швейцария), колодочные (АТПР, Ао 11, Сноек, Бельгия; HU, Чехия), однодисковые (PN, Чехия, Президент MDC) и многодисковые (Утас, Дорнье, Германия) тормоза. Тормозной момент в тормозных устройствах может создаваться за счет усилий пружин (АТПР, СТБ) или электромагнитных сил (СТР, PGW).

Основными тенденциями развития приводных и тормозных устройств ткацких машин являются: максимальная автоматизация операций с помощью микропроцессорной техники; сокращение времени, затрачиваемого на операции управления работой привода, благодаря использованию быстродействующих элементов автоматики; уменьшение числа механических передач применением индивидуальных электродвигателей для обеспечения движения различных рабочих органов с координацией законов движения ЭВМ. Особое внимание при проектировании и эксплуатации приводов ткацких машин следует уделять поддержанию скорости на заданном уровне, так как ее снижение ведет к уменьшению выпуска продукции.

Диаграмма работы привода ткацкой машины представлена на рис. 1.2.59 в виде графиков угловых скоростей ведущей и ведомой частей привода (верхний график) и перемещений рабочих органов муфты $X_м$ и тормоза $X_т$ механизмов разгона и останова. В работе привода можно выделить четыре фазы: I - состояние покоя; II - разгон; III - работа при номинальных параметрах; IV - торможение.

I. Машина находится в состоянии покоя (ведомая часть привода). Муфта выключена (выведена из зацепления), электродвигатель и механическая передача (у многих ткацких машин) работают со скоростью холостого хода $\dot{\varphi}_x$, тормоз включен.

II. Тормоз выключается (точка *1*), освобождая главный вал машины (точка *2*), а затем включается муфта (точка *3*). Выравнивание скоростей ведущей $\dot{\varphi}_{вщ}$ и ведомой $\dot{\varphi}_{вм}$ частей привода происходит в точке *4*. В точке *5* скорость главного вала машины достигает рабочего значения $\dot{\varphi}_н$.

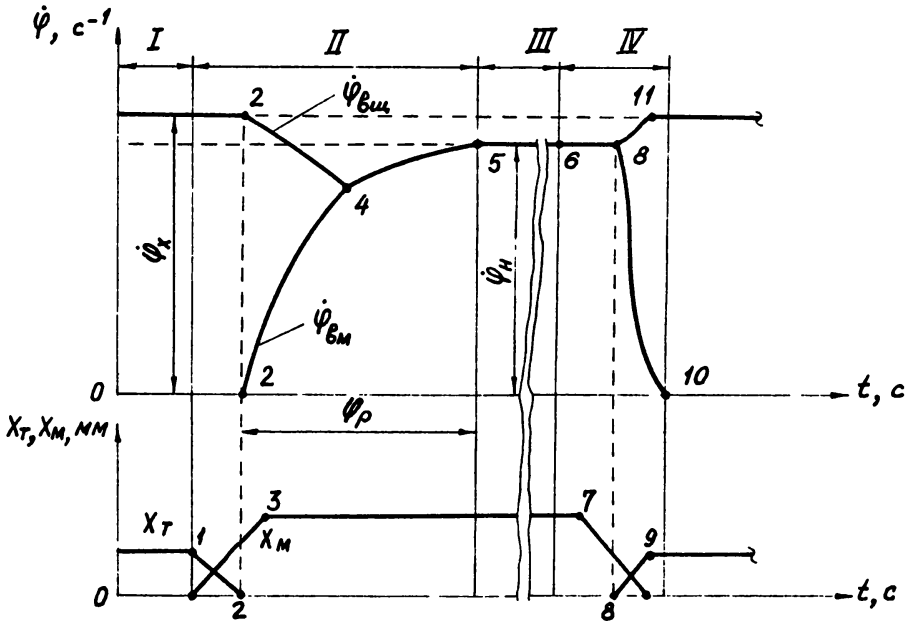


Рис. 1.2.59. Диаграмма работы привода ткацкой машины

III. Машина работает с заданной скоростью $\dot{\varphi}_н$. При этом муфта включена, а тормоз выключен.

IV. Сигнал на останов машины подается одним из контроллеров (точка *6*). В точке *7* начинается выключение муфты. Взаимодействие ведущей и ведомой частей муфты прекращается в точке *8* и включается тормоз. Максимального значения момент, развиваемый тормозом, достигает в точке *9*. Останову машины соответствует точка *10*, машина возвращается в состояние покоя. Ведущая часть привода при этом достигает скорости холостого хода (точка *11*).

Тормоз должен обеспечить останов машины в положении, удобном для ликвидации причин, вызвавших его. Для этого можно при постоянном моменте, развиваемом тормозом, изменять начало останова машины; при неизменном начале останова изменять момент развиваемый тормозом; останавливать машину в любом положении, а затем с помощью специального механизма выводить ее в нужное положение. На практике в большинстве случаев используют первый и третий способы.

Муфта привода должна обеспечить разгон машины из любого положения покоя до скорости, необходимой для нормального протекания технологического процесса ткачества за угол $\varphi_р$. Так как ткацкая машина останавливается в различных положениях, расчет муфты надо вести для наименьшего $\varphi_р$, соответствующего наиболее тяжелому режиму работы муфты.

Глава 1.3

ПРОИЗВОДСТВО ПРЯЖИ ИЗ ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН

Оборудование прядильного производства для обработки лубяных волокон (лен, пенька, кенаф, джут) и хлопчатобумажных и шерстопрядильных фабрик существенно различается, что обусловлено различием сырья, поступающего на прядильные фабрики. Хлопок и шерсть представляют собой массу спутанных, более или менее однородных по длине, волокон, а лубяное сырье - смесь горстей длинных трепаных и спутанных коротких волокон. Длинные трепаные льняные волокна обрабатывают по льняной системе прядения (по этой же схеме обрабатывают длинные пеньковые волокна), а короткие волокна, как и очесы, получаемые на первой операции чесания длинных трепаных волокон - по оческовой системе прядения (кардной).

Лубяное сырье (технические волокна) - комплекс элементарных волокон, склеенных между собой пектиновыми и другими инкрустирующими веществами. Для получения тонкой пряжи из элементарных волокон или из небольших их комплексов применяют способ мокрого прядения. При смачивании технических волокон в горячей воде ослабляются связи между элементарными волокнами и они смещаются относительно друг друга при вытягивании. Для интенсификации процесса продукт, поступающий на прядильные машины, подвергают предварительной химической обработке (отварке, отбеливанию); в процессе получения пряжи ровницу дополнительно смачивают в теплой воде. При сухом процессе прядения формирование пряжи проходит без смачивания и химической обработки, пряжа получается более толстая и пушистая. Пряжа из смеси лубяных и химических волокон дополняет сырьевую базу текстильной промышленности. В ряде технологических процессов пряжа из лубяных волокон может комбинироваться с химической нитью.

Схема технологических цепочек производства льняной пряжи представлена на рис. 1.3.1.

1.3.1. ЛЬНОЧЕСАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Процесс чесания льна заключается в параллелизации и дроблении технических волокон в горсти или слое льна, отделении от длинных и прочных волокон коротких, слабых и спутанных и удалении остатков костры. На льночесальных машинах получают длинные параллелизованные волокна - чесаный лен и короткие волокна - очес. Техническая характеристика льночесальных машин представлена в табл. 1.3.1.

Льночесальная машина Ч-302-Л1 состоит из двух самостоятельных сторонок-машин - правой и левой, выполняющих чесание вершинной и комлевой частей горсти льна. Машина содержит передний и задний привод, каретки и колодки, гребенные полотна, щеточные и съемные барабаны, сбивные гребни, передний и задний автоматы, аналогичной конструкции.

На льночесальной машине (рис. 1.3.2) горсти трепаного льна закладывают в колодку *1* переднего автомата, который закрывает крышку и завертывает гайку колодки. С помощью рычага колодка передается на каретку *2* правой машины. Механизм подъема перемещает колодку вверх и вниз таким образом, что горсти льна, зажатые в колодке, проходят между двумя движущимися гребенными полотнами, которые представляют собой бесконечные ремни *3*, охватывающие верхние и нижние гребенные валы. На нижнем гребенном валу насажены барабаны с шипами, приводящие в движение гребенные полотна. К ремням пистонами прикреплены стальные рейки с усиками, к которым привинчены параллельно расположенные гребневые планки *4*. При таком креплении гребней сокращается пространство между линией захода игл в горсть льна и линией зажима горстей в колодке.

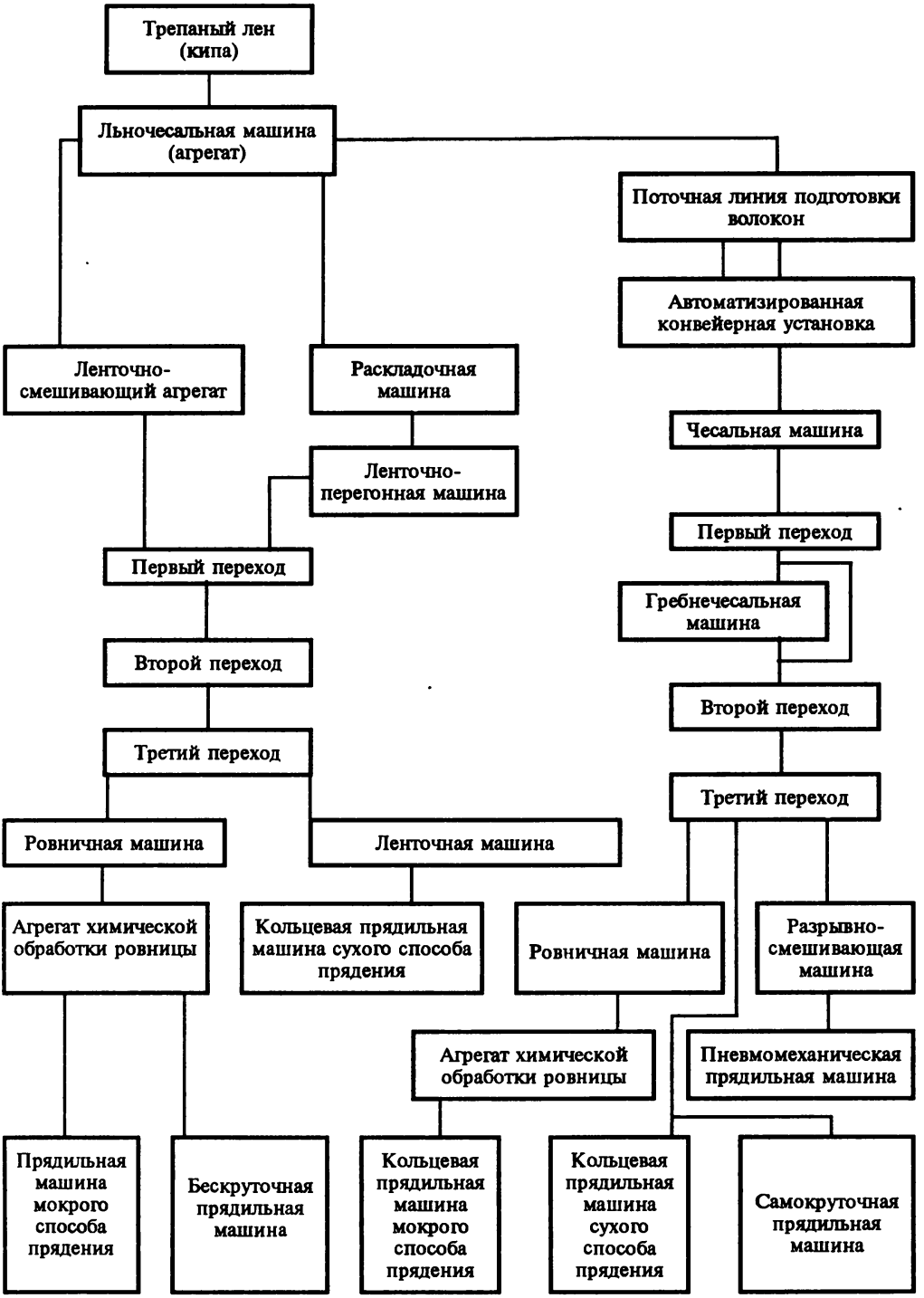


Рис. 1.3.1. Схема технологических цепочек производства льняной пряжи

1.3.1. Техническая характеристика льночесальных машин

Параметры	Агрегат АЧЛ	Машина Ч-302-Л1
Скорость чесания, м/мин	15,2 ÷ 29,8	13,2 ÷ 25
Скорость зажимных конвейеров, м/мин	2,67 ÷ 5,25	-
Длина технических волокон, мм	450 ÷ 1000	400 ÷ 800
Максимальная нагрузка на 1 см длины зажимных ремней транспортеров, Н	50	-
Длина гребенной планки, мм	302	302
Длина круглых игл гребенных планок, мм:		
полная	28	28
рабочая	17	17
Шаг расположения гребенных планок на полотнах, мм	68,8	68,8
Разводка гребенных полотен в части, мм:		
верхней	± 2	± 2,5
нижней	0 ÷ +10	0 ÷ 10
Минимальная зона двойного прочеса горсти льна, мм	30	-
Число рабочих переходов	-	16
Установленная мощность электродвигателей, кВт	8,6	4,5

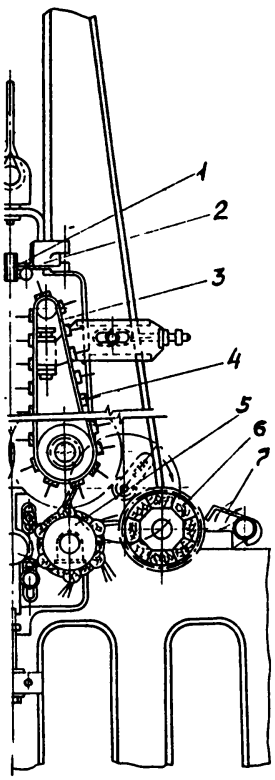


Рис. 1.3.2. Льночесальная машина Ч-302-Л1

В верхнем положении каретки колодки с зажатыми горстями льна передвигаются к следующей секции чесания с помощью механизма передвижения. Линейка механизма перемещения движется возвратно-поступательно в направляющих скобках, на ней закреплены захватывающие собачки. При рабочем движении линейки собачки упираются в направляющие шипы колодки и передвигают ее вдоль каретки, а при обратном - свободно поворачиваясь на пальцах, проходят по шипам колодки. Горсти льна, зажатые в колодке, передвигаясь вдоль гребенных полотен, подвергаются воздействию все более тонких и часто насаженных в гребенные планки *4* игл (19 типов).

Чтобы иглы последующего гребня не попадали на то место горсти, где уже прошли иглы предыдущего гребня, их размещают таким образом, чтобы при постоянном и среднем шаге промежуточная игла из каждых трех находилась не посередине, а с некоторым смещением:

$$C = 2\,t\,/\,k,$$

где t - средний шаг игл; k - число планок в группе.

Дойдя до конца каретки, колодка передается на задний автомат. Для подготовки к чесанию непрочесанной части горсти льна на левой машине задний автомат проводит следующие операции: принимает колодку с каретки правой машины, отвертывает гайку крышки колодки, протаскивает горсть льна в

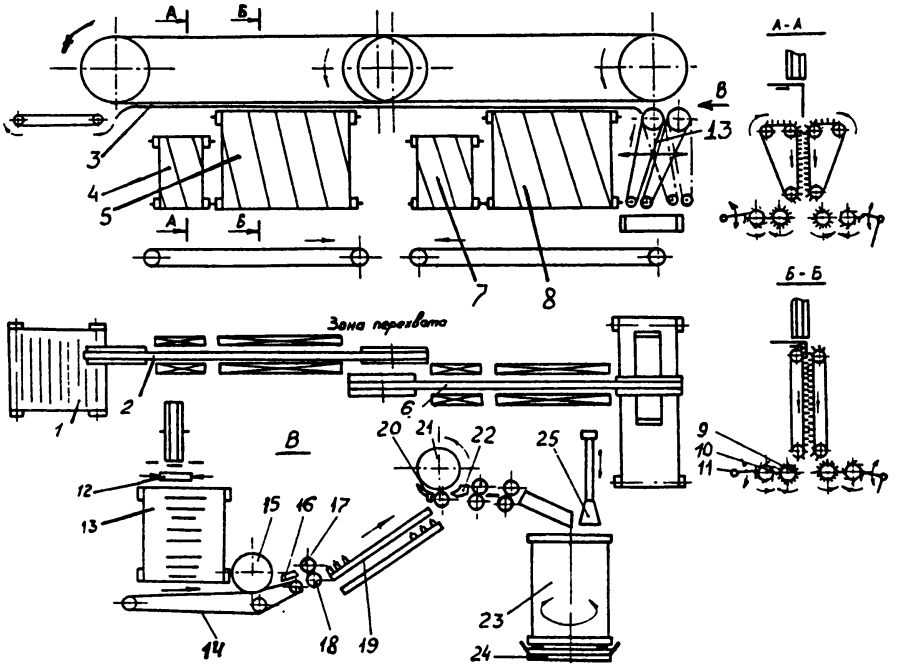


Рис. 1.3.3. Льночесальный агрегат АЧЛ

колодке, завертывает гайку крышки колодки, передает колодку на каретку левой машины. Задний автомат имеет смонтированный на двух рамах, скрепленный между собой связями, механизм передачи движения к ключу и к распределительному эксцентрику. Эксцентрик управляет подъемом и опусканием ключа, отвертывающего и завертывающего гайку крышки-колодки, рычагом управления муфтой переключения направления вращения ключа к тискам, зажимающим и протаскивающим горсти льна.

Задний автомат передает колодку на левую машину, где прочесывается другая часть горсти льна. После прохода колодкой всех секций машины ее принимает передний автомат, который выполняет функции, аналогичные заднему автомату (кроме протаскивания горсти льна). Передний автомат после отвертывания гайки принимает крышку колодки и удерживает ее в поднятом состоянии, прочесанные горсти льна вынимают из машины.

Короткие волокна-очес остаются на иглах гребенных полотен, щетками вращающихся барабанов *5* снимаются с игл, передаются к съемным барабанам *6*, снимаются с них качающимися сбивающими гребнями *7* и падают в приемные ящики.

Скорость чесания на льночесальной машине при опускании и подъеме каретки выравнивается с помощью дифференциального механизма, от которого приводится в движение нижний гребенной вал. Цикл чесания по времени следующий: опускание каретки + 50 %, выстой в нижнем положении + 1 %, подъем каретки + 33 %.

Средняя скорость каретки:

при подъеме

$$v_к = Hn_к / 0{,}333,$$

при опускании

$$v = Hn_к / 0{,}5,$$

где H - высота подъема (опускания) каретки; $n_к = 9 \div 10$ мин$^{-1}$ - частота ходов каретки.

Лучшее качество прочесанных волокон получается на льночесальном агрегате АЧ-302-Л, который имеет 21 технологический переход и позволяет перерабатывать льняные волокна длиной менее 950 мм.

Льночесальный агрегат (АЧЛ) выполняет следующие технологические операции: расправление исходных технических волокон в потоке, дробление, очистку полученных элементарных волокон от остатков костры и покровных тканей, выделение в очесы коротких и слабых волокон, а также формирование ленты из прочесанных волокон с последующей укладкой последней в таз. Агрегат состоит из льночесальной, льноформирующей машин и пресса для формирования паковок (рис. 1.3.3).

На питающем конвейере *1* льночесальной машины исходные волокна в виде пучков равномерно расстилают поперек ленты без промежутков. Затем горсти льна направляются в зажимной конвейер, при этом одна половина настила горстей, например комлевая, свешивается с ленты *2*, а другая движется по столику. Зажим горстей льна осуществляется между бесконечной лентой (ремнем) П-образного сечения и металлической направляющей *3*. Зажимной конвейер перемещает горсти льна в зону чесания, образованную гребенными полотнами *4* предварительного прочеса конца комлевой части потока и *5* основного прочеса комлевой части.

Гребенные планки с возрастающей плотностью набора игл расположены на гребенных полотнах со смещением последующей относительно предыдущей на 12,5 мм вдоль оси машины, в результате чего образуется винтовая линия с шагом, равным длине планки, а скорость движения зажимного конвейера равна скорости осевого перемещения винтовой линии вращающихся гребенных полотен. Вследствие этого комлевая часть любого участка потока волокна проходит цикл чесания полным набором гребней при непрерывном перемещении потока волокон. После обработки комлевой части горсти волокон перемещаются в зону перехвата, где свисающая прочесанная комлевая часть попадает в зажимной конвейер *6*, а вершинный конец освобождается из верхнего конвейера и повисает.

Для получения двойного прочеса в зоне перехвата предусмотрена горка, положение которой регулирует величину двойного прочеса. В зоне гребенных полотен *7* и *8* вершинная часть горсти подвергается аналогичному прочесу. Вращающиеся щеточные валики *9* снимают с игл гребенных полотен вычесанные из горстей короткие волокна (очес), которые переходят на съемный валик *10* с игольчатой гарнитурой. Сбивной гребень *11* сбрасывает очес со съемного валика в устройство для его приема. Выделившиеся при чесании угары по конвейеру направляются в общецеховую систему их удаления.

Полностью прочесанная горсть волокон с помощью поддува *12* располагается горизонтально и конвейером *6* передается на вертикальный конвейер *13* механизма холстообразования, совершающий маятниковые движения. На расположенном перпендикулярно к оси машины питающем конвейере *14* формируется поток продольно расположенных волокон в виде холстика. Уплотненный валиком *15* и сформированный до определенной ширины питающей воронкой *16* холстик направляется к питающим цилиндрам *17* и *18*, образующим заднюю зажимную пару. В гребенном поле *19* проводится их дробление и очищение от непрядомых примесей и создается поле сил трения, контролирующее процесс вытяжки. Лента выпускной воронкой *20*, выпускными валиками *21* с помощью лотка *22* направляется в таз *23*, совершающий реверсивное вращательное движение от лентоукладчика *24*. Необходимая плотность укладки волокон в тазу достигается уминателем *25*.

После наработки ленты заданной длины лоток поворачивается и лента направляется в другой аналогичный таз. Наполненный таз направляется на пресс для формирования пачек, а на его место ставится другой запасной таз.

1.3.2. РАСКЛАДОЧНЫЕ И ЛЕНТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Раскладочные машины, предназначенные для формирования непрерывной ленты из горстей чесаного льна, полученных с льночесальной машины, состоят из остова, механизма раскладки горстей, узла питания, вытяжного механизма, лентоукладчика и лентоуминателя (табл. 1.3.2). Применяют раскладочные машины двух типов: с ручным растилом горстей льна на ремешки питающего конвейера и с автоматической подачей горстей льна непосредственно из колодки льночесальной машины.

1.3.2. Техническая характеристика раскладочной машины РП-500-Л и автоматической раскладочной машины АР-500-Л3

Параметры	РП-500-Л	АР-500-Л3
Производительность по чесаному льну, кг/ч	До 108	До 65
Число выпусков	1	1
Тип гребенного механизма	Червячный одноходовой	
Шаг червяка, мм:		
верхнего	19	25
нижнего	60	75
Скорость выпуска ленты, м/мин	19,5 ÷ 31,5	9,9 ÷ 40,5
Вытяжка на машине	15 ÷ 32	10,1 ÷ 29,97

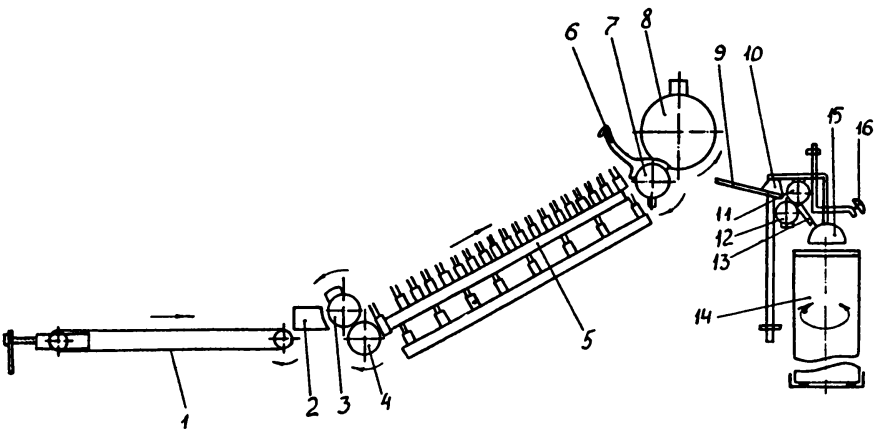


Рис. 1.3.4. Раскладочная машина РП-500-Л

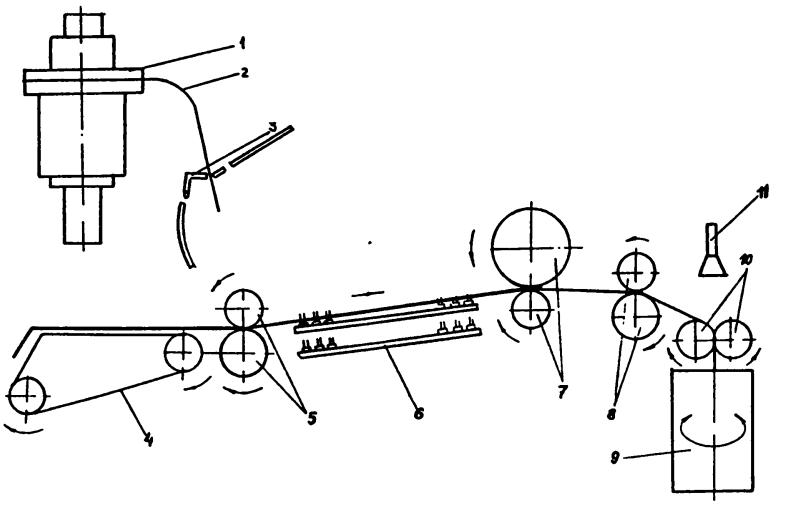


Рис. 1.3.5. Автоматическая раскладочная машина АР-500-Л3

На раскладочной машине РП-500-Л горсти чесаного льна расстилают на шести бесконечных ремешках питающего конвейера *1* (рис. 1.3.4) так, чтобы каждая последующая горсть перекрывала предыдущую. Слой волокон проходит через питающую воронку *2*, питающую пару цилиндров *3*, *4* и гребенной механизм *5*. Скорость питающих цилиндров превышает скорость питающих ремней на 2 + 3 %. Через вытяжную воронку *6* лента поступает в вытяжную пару *7*, *8*. Скорость вытяжного цилиндра больше скорости движения гребенных планок и питающих цилиндров, вследствие чего осуществляется вытяжка ленты. Сложенные на лентосоединительной доске *9* ленты еще раз формируются по ширине выпускным кондуктором *10*, поступают в вытяжную пару *11*, *12*, а по лотку *13* лента собирается в таз *14*, установленный на вращающейся тарелке лентоукладчика. Уплотнителем *15* лента, предварительно увлажненная эмульсией из форсунки *16*, уплотняется в тазу.

Автоматическая раскладочная машина АР-500-Л3 агрегируется с льночесальной машиной, образуя льночесальный агрегат, предназначена для формирования непрерывной ленты из горстей чесаного льна. Привод машины осуществляется от главного вала льночесальной машины через цепную передачу.

Горсть чесаного льна *2* (рис. 1.3.5), находящегося в колодке *1* льночесальной машины, захватывается тисками *3* за короткий конец.

Автомат льночесальной машины отвинчивает гайку колодки, тиски снимают горсть льна и укладывают ее на конвейер *4* так, чтобы она перекрывала предыдущую горсть. Таким образом формируется непрерывная лента, которая захватывается питающими валиками *5* и направляется в игольчатое поле гребенного механизма *6*. Волокна прочесываются, очищаются от костры и гребнями подводятся к вытяжным цилиндрам *7*, а затем в выпускной механизм. Выпускной механизм состоит из плющильной *8* и выпускной *10* пар. Сформированная лента отводится и направляется в таз *9*, где уплотняется уминателем *11*.

Тиски раскладочной машины имеют механизмы движения и раскрытия. Механизм движения тисков осуществляет качательное и возвратно-поступательное движение от пазового эксцентрика. Размах тисков регулируется с помощью соединительной муфты. В переднем крайнем положении нижняя неподвижная губка тисков должна находиться несколько ниже колодки льночесальной машины, чтобы выступающий из колодки конец горсти волокон мог свободно входить в раскрытые тиски. Скорость движения тисков к льночесальной машине выше скорости движения тисков в сторону настилочного полотна. Работа механизма тисков должна быть согласована с работой льночесальной машины, для чего рекомендуется использовать цикловую диаграмму движения рабочих органов.

Нагрузка выпускных валиков, создаваемая пружинами, изменяется с помощью регулировочных винтов. При заправке машины выпускные валики приподнимают специальной рукояткой. Между выпускной и плющильной парой расположен лоток, который изменяет направление движения потока волокон под углом 65 ° к оси машины. Скорость питающего конвейера

$$v_к = n_к \, l / z = n_к \, S,$$

где $n_к$ - частота качаний тисков, равная частоте подъемов каретки льночесальной машины; l - средняя длина горсти льна; z - число горстей льна в сечении настила; S - сдвиг горстей в настиле.

Ленточные машины предназначены для последовательного утонения и выравнивания ленты. На ленточных машинах каждого перехода осуществляется утонение ленты путем ее вытягивания, выравнивание путем сложения, смешивание, параллелизация волокон и дробление технических волокон на более тонкие, очищение ленты от непрядомых примесей. Основными параметрами, характеризующими ленточные машины, являются: расстояние (разводка) между центрами вытяжного и первого (от гребней) питающего цилиндра, число головок, число игл на гребенной планке, гарнитура (плотность насадки, диаметр и длина игл), число выпусков, шаг червяка, ширина питающих и вытяжных воронок. Для нормального процесса вытягивания разводка должна быть больше длины волокна.

Ленточная машина состоит из нескольких одинаковых по конструкции головок (от одной до восьми), имеет до трех выпусков в головке и от четырех до восьми скоб на гребенной планке.

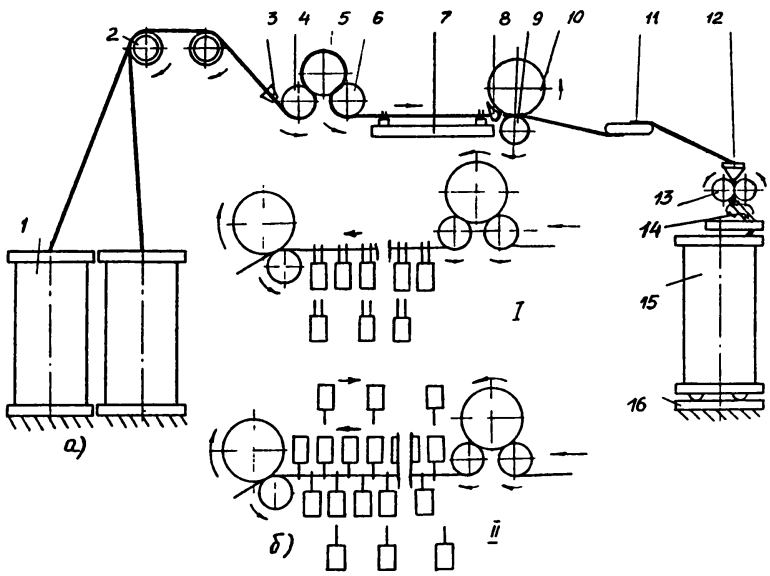


Рис. 1.3.6. Ленточная машина для льна

1.3.3. Техническая характеристика ленточных машин

Параметры	Машины для очеса			Машины для чесаного льна					
	ЛЛ1-Ч	ЛЛ2-Ч	ЛЛ3-Ч	ЛЧ-2-Л1	ЛЧ-3-Л1	ЛЧ-4-Л1	ЛЦ-1-Л	ЛЦ-2-Л	ЛЦ-3-Л
Число:									
головок	1	1	1	2	2	2	2	2	2
выпусков в машине	1	2	3	1	1	4	1	1	4
сложений на один выпуск	10	5	4	8	8	4	8	8	3
Тип гребенного механизма	Двухпольный червячный			Однопольный червячный			Однопольный цепной		
Шаг гребней	9,2	9,2	9,2	12,5	12,5	12,5	12,7	12,7	12,7
Число ударов гребней в минуту, менее	1500	1500	1500	650	650	650	Безударный		
Линейная плотность ленты на выпуске, ктекс	15 ÷ 30	9 ÷ 18	5 ÷ 12	25 ÷ 50	16,6 ÷ 33,3	10 ÷ 20	25 ÷ 40	20 ÷ 30	6 ÷ 12
Вытяжка	5 ÷ 12	5 ÷ 12	5 ÷ 12	8 ÷ 14	8 ÷ 14	8 ÷ 14	8 ÷ 14	8 ÷ 14	8 ÷ 14
Скорость выпуска, м/мин, менее	135	135	135	60 ÷ 105	60 ÷ 105	60 ÷ 105	180	180	180

Входные ленты из тазов *1* (рис. 1.3.6, *а*) через направляющие ролики *2*, питающие воронки *3*, питающие цилиндры *4* и *6*, образующим с самогрузным валиком *5* своеобразный зажим, поступают в гребенное поле *7*, где происходит дробление технических волокон, некоторое очищение от непрядомых примесей. Из вытяжной воронки *8* сформированная по ширине лента поступает в вытяжную пару - цилиндра *9* и нажимного валика *10*. Скорость вытяжного цилиндра больше линейной скорости гребней гребенного поля и питающих цилиндров. Выходящая из вытяжной пары лента поступает на лентосоединительную доску *11*, где несколько лент складываются (объединяются) в одну. Эта лента проходит выпускную воронку *12*, выпускную пару *13*, где происходит ее уплотнение, вращающуюся наклонную трубу *14* верхней тарелки лентоукладчика и укладывается в таз *15*, установленный на вращающейся нижней тарелке *16*.

На ленточных машинах промежуточными полями сил трения служат игольчатые поля, которые находятся между питающей и вытяжными парами. Питающая пара вытяжного устройства состоит из цилиндра и валика или двух цилиндров и одного самогрузного валика, который огибается лентой. Вытяжная пара представляет собой цилиндр и принудительно нагруженный валик с упругим покрытием. Гребенные поля ленточных машин могут быть различной конструкции. Наиболее распространены червячные механизмы перемещения гребенных планок, а также цепные механизмы, в которых гребни перемещаются с помощью цепей. Применяют однопольные гребенные механизмы *I* (рис. 1.3.6, *б*), в которых гребни расположены под волокнистой лентой, и двухпольные *II* - с верхним и нижним игольными полями.

При конструировании вытяжного прибора необходимо стремиться к уменьшению расстояния от последнего гребня до зажима вытяжной пары (меньше средней длины наиболее коротких волокон), которое определяется шагом гребня, диаметрами вытяжного и питающего цилиндров и конструктивными зазорами между цилиндрами и последним рядом гребней. Этот размер периодически изменяется вследствие падения гребня (пульсирует), что создает нестабильные условия вытягивания и приводит к появлению дополнительной неровноты ленты. С увеличением вытяжки растет дополнительная неровнота ленты, более значительная у ленты из очеса, чем у ленты из чесаного льна. Поэтому применение более высоких вытяжек оправдано при переработке ленты из чесаного льна.

В РФ созданы ленточные машины для льна с цепным безударным гребенным механизмом, работающие со скоростью выпуска до 180 м/мин и вытяжкой 8 ÷ 14. Машины фирмы Мекки оборудованы червячным гребенным механизмом. Фирма Шлюмберже (Франция) применяет на ленточных машинах для льняного очеса гребенные механизмы червячного типа с частотой ударов до 2000 в минуту со скоростью выпуска до 144 м/мин, а также гребенные механизмы с цепным приводом планок со скоростью выпуска до 300 м/мин.

Технические характеристики отечественных ленточных машин приведены в табл. 1.3.3.

Ленточно-смешивающий агрегат АС-600-Л1М. Агрегат не имеет аналогов в мировой практике, осуществляет смешивание волокон в лентах, утонение и выравнивание лент, некоторую очистку их от костры и примесей, параллелизацию и дробление волокон. Увеличение числа сложений лент на участке питания (до 24) и наличии авторегулятора позволяет осуществить более интенсивное смешивание волокнистого материала на первых стадиях процесса, повысить ровноту начального полуфабриката, поддержать стабильность развеса ленты, увеличить объем продукции с 1 м^2 производственной площади. Скорость выпуска менее 140 м/мин.

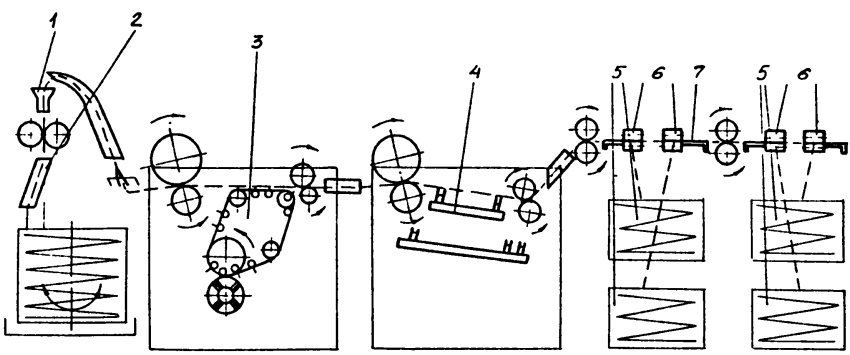


Рис. 1.3.7. Агрегат ленточно-смешивающий АС-600-Л1М

Агрегат АС-600-Л1М (рис. 1.3.7) содержит два последовательно расположенных однопольных вытяжных прибора: первый - с червячным *4*, второй - с цепным гребенным *3* механизмом, имеющих общий привод, питающий стол *7* на 24 ленты, а на выпуске - лентоукладчик *2* тарелочного типа с автоматом замены таза. Агрегат оснащен авторегулятором линейной плотности ленты. Пачки (или тазы) чесаного льна *5* располагаются по 12 штук вдоль двух сторон питающего стола. Ленты выбираются питающими цилиндрами *6* и формируются на столе в два холстика, поступающих в первое вытяжное устройство, в котором осуществляется основная вытяжка ($\lambda_1 \approx 20$). Утоненные ленты поступают во второй вытяжной прибор с дополнительной вытяжкой ($\lambda_2 \approx 2$) и на выходе складываются в одну ленту, которая через выпускную воронку *1*, являющуюся датчиком линейной плотности, поступает в лентоукладчик.

Техническая характеристика агрегата АС-600-Л1М приведена ниже.

Число:	
выпусков	1
ручьев	2
лент на питание	18 ÷ 24
Линейная плотность холста на питание, ктекс, не более	900
Диаметр рабочих органов, мм:	
подающих и направляющих цилиндров	78 / -
питающих цилиндров	78 / 50
вытяжных цилиндров	115 / 60
выпускных валиков	- / 78
Тип вытяжного прибора	Червячный/Цепной
Шаг гребней, мм	30 / 12,7
Число ударов гребней, $мин^{-1}$, не более	145 / -
Расстояние между осями питающего и вытяжного цилиндров, мм	915,24 / 765,6
Вытяжка	12 ÷ 19,7 / 1,5 ÷ 2,6
Линейная плотность ленты на выпуске, ктекс	27 ÷ 41

Примечание. В числителе даны значения для червячного вытяжного прибора, а в знаменателе - для цепного.

1.3.3. РОВНИЧНЫЕ, КОЛЬЦЕВЫЕ И БЕСКРУТОЧНЫЕ ПРЯДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ МОКРОГО ПРЯДЕНИЯ

Ровничные машины для льна в отличие от ровничных машин для хлопка льняную и оческовую ровницу наматывают на двухфланцевую перфорированную катушку, что связано с технологическими процессами ее отварки, отбеливания, крашения и транспортировки на прядильные машины без изменения структуры и формы паковки.

Лента из тазов *1* через вращающиеся ролики *2* и питающие воронки *3* направляется к питающим цилиндрам *4* и *5*, образующим вместе с самогрузным валиком *6* заднюю зажимную пару (рис. 1.3.8). Так как скорость питающего цилиндра *5* несколько больше скорости цилиндра *4* (на 1,3 %), создается надежный зажим ленты. Из питающего устройства лента поступает в гребенное поле *7*, где проводится дробление технических волокон, некоторое очищение от непрядомых примесей и создается поле сил трения, контролирующее движение волокон между питающей и вытяжной парами.

Через вытяжную воронку *8* сформированная по ширине до определенного размера лента поступает в вытяжную пару *9* и *10* для ее вытяжки (утонения). Вытянутая лента (мычка) вращением рогульки *11* и катушки *12* скручивается в ровницу, которая вследствие различия частот вращения рогульки и катушки наматывается на последнюю. Частота вращения рогульки выше частоты вращения катушки. После наработки паковки платформа *13* с наработанными катушками поднимается, наклоняется и катушки, снятые со шпинделей, соскальзывают с платформы на конвейер *14*, после чего платформа возвращается в исходное положение.

Современные отечественные ровничные машины имеют два типоразмера в зависимости от длины перерабатываемых волокон (длинный лен или очес). Отличаются они длиной гребенного поля, т.е. расстояниями между вытяжным и вторым питающим цилиндром, питающими роликами и некоторыми сменными элементами передаточных механизмов. Гребенной механизм с червячным приводом ровничных машин аналогичен гребенному механизму ленточных машин. Отличительными особенностями являются применение трехзаходных червяков и меньший шаг между гребнями. Техническая характеристика отечественных ровничных машин приведена в табл. 1.3.4. Зарубежные ровничные машины обеспечивают получение ровницы меньшей линейной плотности (до 200 текс) и соответственно с меньшей массой нарабатываемой паковки (1300 г). Развитие оборудования для приготовления ровницы ведется по пути создания автоматизированной скоростной ровничной машины с манипуляторами автоматического съема наработанных паковок и передачей их на прядильные машины, а также автомата, производящего ровницу новой структуры по типу самокруточного способа прядения.

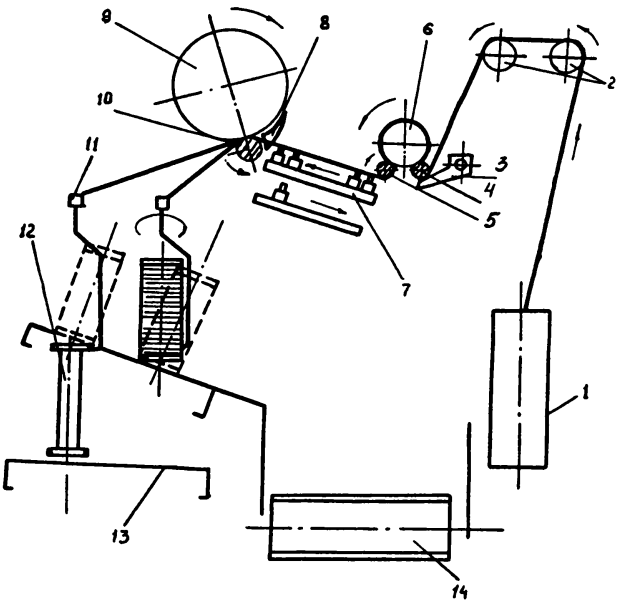


Рис. 1.3.8. Ровничная машина РМ-216-Л для льна

1.3.4. Техническая характеристика ровничных машин

Параметры	Льняных		Оческовой
	РН-216-Л3	РМ-216-Л	РОН-216-Л3
Линейная плотность ровницы, текс	625 ÷ 2000	625 ÷ 2000	1000 ÷ 2000
Расстояние между рогульками в ряду, мм	216	216	216
Число рогулек в машине	80	80	80
Частота вращения рогулек, $мин^{-1}$	700 ÷ 1000	Менее 1500	700 ÷ 1000
Вытяжка	8,1 ÷ 14,1	5 ÷ 16	5 ÷ 8
Крутка в 1 см	0,139 ÷ 0,303	0,14 ÷ 0,55	0,3 ÷ 0,55
Высота подъема каретки, мм	305	305	305
Расстояние между центрами первого питающего и вытяжного цилиндров, мм	500	517	234
Шаг гребней, мм	12,5	9,5	12,5
Наибольшее число ударов гребней в минуту	330	480	330
Скорость выпуска ровницы, м/мин	22,7 ÷ 54	Менее 54,7	12,4 ÷ 31,6

Кольцевые прядильные машины льна имеют два способа формирования нити - сухой и мокрый. Иногда для получения гладкой пряжи при сухом прядении применяют смачивание скручиваемой пряжи (полумокрое прядение). При сухом прядении вытяжка и, следовательно, формирование пряжи осуществляются из длинных толстых технических волокон. Льняные технические волокна имеют большую линейную плотность, поэтому на кольцевых машинах из них вырабатывают нить сухим способом линейной плотностью не ниже 100 текс.

Для выработки пряжи меньшей линейной плотности используют волокна, полученные дроблением технических волокон. Ровница, сматываясь с катушек *2* через направляющую *1*, попадает в корыто *5*, наполненное водой, огибает вращающийся барабан *3* и поступает в вытяжной прибор *6* (рис. 1.3.9). Сформированная мычка волокон при выходе из вытяжного прибора скручивается и в виде пряжи наматывается на патрон *4*.

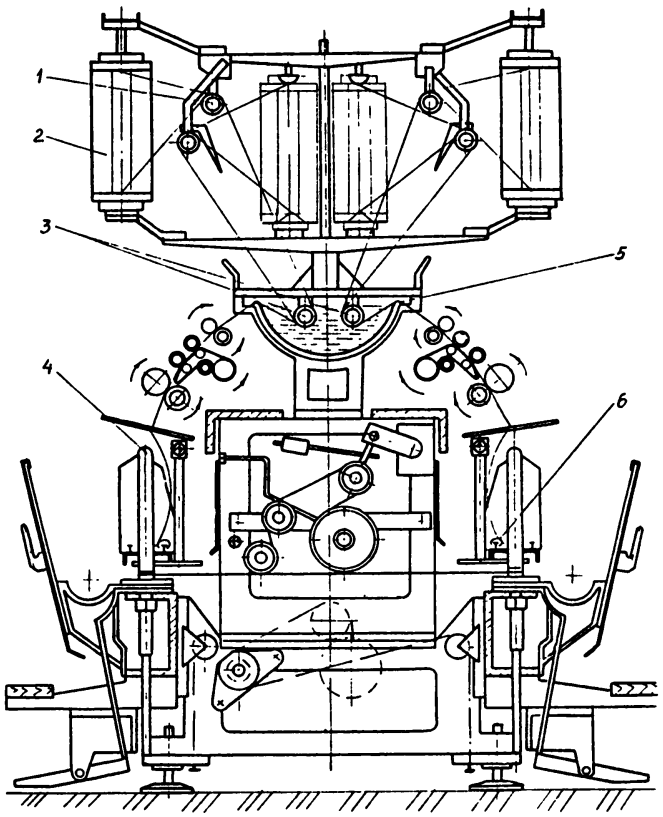


Рис. 1.3.9. Кольцевая прядильная машина мокрого прядения льна

Отличительными технологическими признаками прядильных машин различных типоразмеров являются вид и линейная плотность вырабатываемой пряжи. Оческовая система прядения мокрым способом характеризуется тем, что пряжа вырабатывается из очеса. Линейная плотность формируемой пряжи составляет более 68 текс. Машины этого типа отличаются небольшой разводкой в вытяжном приборе, увеличенной нагрузкой прижима нажимных валиков к цилиндрам для надежного разрыва межволоконных спаек. Патрон *4* имеет увеличенную длину, что позволяет намотать пряжу большей длины. Расстояние между веретенами 114 и 88 мм. При этом машина с шагом 114 мм используется, как правило, для пряжи большой линейной плотности.

На рис. 1.3.10 представлены различные типы вытяжных приборов, применяемых на отечественных кольцепрядильных машинах мокрого прядения льна. Они имеют питающий и вытяжной рифленые цилиндры с соответствующими нажимными валиками: рифленым металлическим на питающей паре и упругим на вытяжной и средней парах. Двухзонная заправка трехцилиндровых вытяжных приборов (рис. 1.3.10, *а*) используется при выработке пряжи из прочных льняных волокон.

Число кручений $K_{\text{ров}}$ ровницы в процессе ее вытягивания не исчезает, а уменьшается в число раз, равное кратности вытяжки λ:

$$K_{\text{мыч}} = K_{\text{ров}} / \lambda.$$

Эта закономерность имеет большое значение при вытягивании последовательно в два приема, когда остаточная крутка определяет напряженность поля во второй зоне вытягивания. Исходя из этого первую частную вытяжку можно менять в пределах 2 - 3,5, причем чем выше крутка ровницы, тем больше должна быть частная вытяжка.

При переработке очеса и беленой ровницы из чесаного льна можно использовать как двухзонную, так и однозонную заправку вытяжного прибора (рис. 1.3.10, *б*). Контроль за движением различных по длине волокон осуществляют в результате огибания ровницей промежуточного цилиндра, который, создавая дополнительное поле сил трения, задерживает на некотором участке раскручивание ровницы.

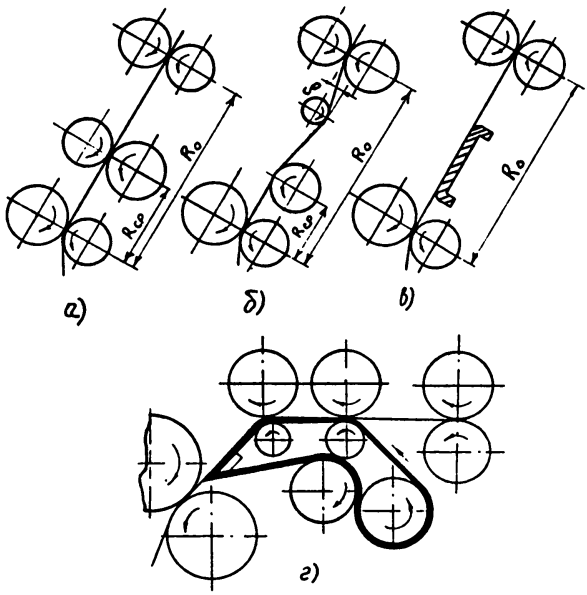


Рис. 1.3.10. Схемы вытяжных приборов кольцевых прядильных машин мокрого прядения

Для выработки пряжи низкой линейной плотности (42 ÷ 86 текс) из чесаного льна с применением окислительной варки ровницы используют однозонный вытяжной прибор с неподвижной горкой (рис. 1.3.10, *в*). Применяя химическую обработку ровницы, можно подготовить ровницу для интенсивного дробления на элементарные волокна или мелкие комплексы, что позволяет вырабатывать пряжу линейной плотности менее 25 текс. При этом применяют однозонный ремешковый вытяжной прибор (рис. 1.3.10, *г*). Ремешковое устройство позволило приблизить порог крутки к вытяжному зажиму, т.е. место в вытяжном поле, в котором начинается раскручивание ровницы под влиянием вытаскивания вытяжной парой из утоняемой ровницы волокнистых комплексов и элементарных волокон. Кроме того, поле сил трения усилено изгибом конструктивной линии самогрузных валиков на первом участке вытяжного поля. Вытяжные приборы, показанные на рис. 1.3.10, осуществляют переработку ровницы плотностью до 1,25 текс.

Фирмы Мекки (Ирландия), МАВ (Франция), Болелли (Италия) рекомендуют вытяжные приборы для переработки ровницы линейной плотности 0,33 ÷ 0,66 ктекс.

Для прекращения выпуска мычки при обрыве пряжи на кольцевых машинах для мокрого прядения льна используют механизмы останова вращения тумбочки питающего цилиндра или защемления ровницы самозатягивающимся клином перед питающей парой. Наличие пряжи контролируется щупом. Для придания вырабатываемой пряже необходимой прочности мычка при выходе из вытяжного прибора подвергается кручению. Крутильмотальный механизм прядильной машины состоит из веретен, колец с бегунками, установленных в кольцевых планках, а также нитепроводников и нитеразделителей. Патрон (нитеноситель), на который наматывается пряжа, как правило, металлический, перфорированный, что способствует лучшей просушке пряжи в паковке в сушильных камерах. На прядильных машинах для выработки льняной пряжи применяют, как правило, кольца из коррозионно-стойкой стали с горизонтальным бортиком, вертикальной или наклонной стенками. При этом в большинстве случаев используют пластмассовые бегунки.

Совершенствование кольцевых машин для производства льняной пряжи мокрым способом ведется в направлении поиска материалов деталей и их покрытий, стойких к воздействию влаги, создания экологически чистой системы централизованной смазки колец, долговечных бегунков, механизации съема наработанных паковок, замены ровничных катушек, регулирования скорости в зависимости от уровня обрывности с передачей информации о работе каждого веретена и всей машины на верхний уровень, снижения эксплуатационных затрат.

Бескруточная пневмопрядильная машина предназначена для выработки пряжи мокрым способом из химически обработанной ровни-

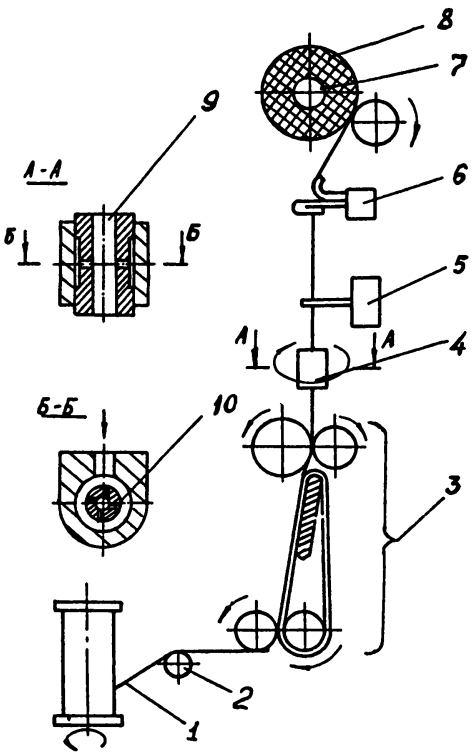


Рис. 1.3.11. Бескруточная пневмопрядильная машина

цы, приготовленной из технических льняных волокон. На рис. 1.3.11 приведена технологическая схема машины типа БПМ-200-Л. Процесс формирования пряжи осуществляется с помощью воздушного вихревого потока, создаваемого аэродинамическим устройством. Крутящий момент вращающегося воздушного вихря аэродинамического крутильного устройства при заданных параметрах

$$M = 8\pi^2 \mu \rho f R_{ср}^2 R_0^2 \Delta l \frac{n_0 - n}{R_0^2 - R^2},$$

где n_0, n - усредненная по длине камеры частота вращения воздушного вихря и волокнистого продукта, $с^{-1}$; R_0, $R_{ср}$ - расстояние до оси тангенциального сопла и усредненный радиус волокнистого профиля продукта, м; ρ - плотность воздуха, $кг/м^3$; μ - кинематический коэффициент вязкости воздуха, $м^2/с$; Δl - длина активной части, м; f - коэффициент трения волокнистого продукта о воздушный поток.

Ровница *1*, сматываясь с перфорированной катушки, через направитель *2* поступает в вытяжной прибор *3*. В зоне вытягивания установлена капельница, обеспечивающая насыщение ровницы водой для улучшения процесса вытягивания. Вытянутая мычка уплотняется и приобретает ложную крутку в пневмомеханическом вьюрке *4* от вихря сжатого воздуха, поступающего в центральный канал *9* через тангенциальные отверстия *10*, проходит датчик *5* контроля обрыва нити и, наматываясь на патрон *7*, образует паковку *8*. Раскладка нити по оси нитеносителя осуществляется раскладочным механизмом *6*. Машина двусторонняя, линейная плотность вырабатываемой пряжи до 20 текс, скорость выпуска до 100 м/мин, масса выходной паковки менее 1,5 кг. По сравнению с кольцевыми бескруточная машина обеспечивает повышение скорости прядения в 4 - 5 раз, а производительность труда в 1,5 - 2 раза.

Вырабатываемая пряжа имеет оригинальную структуру с нулевой круткой в виде плоской ленточки. Отсутствие крутки снижает прочность пряжи, но пряжа имеет блеск, присущий льняной нити. Одним из главных преимуществ бескруточного прядения льна мокрым способом является возможность вырабатывать чисто льняную пряжу малой линейной плотности.

1.3.4. ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ

Подготовка коротких льняных волокон и очеса производится на поточных линиях (табл. 1.3.5). На поточных линиях ПЛ-КЛ, ПЛ-1-КЛ и А-150-Л3 осуществляются механизированная разработка кип, их рыхление, смешивание, загрузка волокон в слоеформирующие бункеры, формирование ленты, эмульсирование и наматывание ее в рулоны.

Технологическая схема поточной линии ПЛ-1-КЛ показана на рис. 1.3.12. Кипы *1* из волокнистой массы льна устанавливают на планочный конвейер *2* со смещением относительно друг друга на половину кипы и с вертикальным расположением слоев прессования, который передает кипы на игольчатый конвейер *3*. Планочный и игольчатый конвейеры (питающие) являются цепными, к звеньям которых прикреплены соответственно гладкие и игольчатые планки. По бокам расположены направляющие прутки, предотвращающие поперечное смещение кип.

Питающие конвейеры подводят кипы под игольчатый барабан *4* и к игольчатой решетке *8*. Игольчатый барабан *4* удерживает верхнюю часть кипы от расползания. Иглы игольчатой решетки захватывают волокна из кип и перемещают их вверх к разравнивающему гребню *7*, который контролирует толщину слоя волокон на игольчатой решетке, сбрасывая излишки в бункер *6*. В случае переполнения бункера останавливаются питающие конвейеры. Игольчатая решетка разборщика кип выполнена в виде цепного конвейера с закрепленными игольчатыми валиками. На

1.3.5. Техническая характеристика поточных линий

Характеристика	ПЛ-КЛ	ПЛ-1-КЛ	А-150-Л3
Состав поточных линий:			
разборщик кип	4	1	1
питатель	2	1	1
слоеформирующий бункер	2	1	1
лентоформирующая машина	2	1	1
рулонный механизм	2	1	1
Конвейер:			
наклонный	1	1	1
подающий	2	1	1
реверсивный	1	-	-
распределительный	2	-	-
Производительность, кг/ч, менее	800	400	484

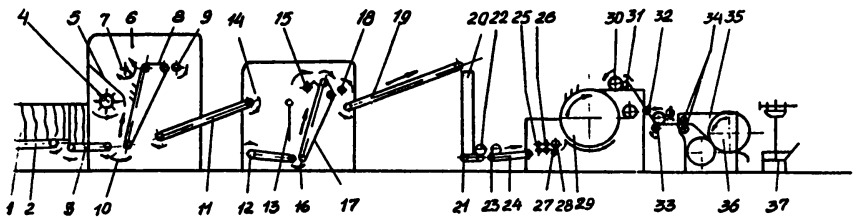


Рис. 1.3.12. Поточная линия ПЛ-1-КЛ подготовки короткого льняного волокна и очеса к прядению

концах игольчатых валиков имеются ролики, которые катятся по направляющим и предотвращают провисание цепей в рабочей зоне. Конструкция разравнивающего гребня предусматривает возможность изменения расстояния между гребнем и игольчатой решеткой, угла качания и частоты качаний.

Волокна с игл решетки *8* падают под собственным весом на промежуточный конвейер *11* и направляются в питающий бункер питателя. Соскальзыванию волокон с игл решетки способствует: угол наклона игл, крыльчатка *9* и периодическое встряхивание игольчатой решетки с помощью специальной горки. Волокна, поданные на питатель с помощью конвейера *12*, направляются к игольчатой решетке *17* и переносятся к разравнивающему гребню *15*. Игольчатая решетка *17* представляет собой бесконечный конвейер, состоящий из пяти ремней, к которым крепят брезент и деревянные планки с насаженными на них иглами. Разравнивающий гребень *15* сбрасывает излишки в дополнительный бункер *14*, образованный щитом *13*, игольчатой решеткой и конвейером *12*. С противоположной стороны игольчатой решетки волокна сбивающим гребнем *18* сбрасываются на конвейер *19* слоеформирующего бункера *20*. Сбивающий гребень представляет собой деревянные планки специального профиля с набранными на них иглами. Частота и амплитуда качаний, а также расстояние между гребнями и игольчатой решеткой, регулируются. Под игольчатыми решетками *8* и *17* установлены колосниковые решетки *10* и *16*.

Слоеформирующий бункер *20* предназначен для выравнивания потока волокон и формирования из их слоя определенного развеса. При его наполнении до определенного уровня подача волокон прекращается, что обеспечивает соответствующую плотность слоя. При достижении нижнего уровня контролирующие щупы под давлением противовеса возвращаются в исходное положение и загрузка бункера возобновляется.

Расположение щупов по высоте регулируется, что дает возможность обеспечить заданный уровень волокон в бункере, а следовательно, определенный развес слоя. Из слоеформирующего бункера волокна забираются с помощью конвейера *21* и самогрузного валика *22*. Сформированный слой захватывается в лентоформирующую машину, которая выполняет также функции грубой чесальной машины.

Питающий узел лентоформирующей машины состоит из конвейера *24* и валика *23*,

пар рифленых цилиндров *25* и игольчатых валиков *26*, из которых слой волокон забирается приемным барабаном *28* и передается главному барабану *29*. С нижнего игольчатого питающего валика осуществляется дополнительный съем волокон чистителем *27*, волокна передаются на приемный барабан *28*. Вследствие разности скоростей приемного и главного барабанов происходит прочесывание, параллелизация и очистка волокон.

На выпуске лентоформирующей машины в верхней части остова смонтирован съемный барабан *30*, покрытый планочной гарнитурой. Скорость съемного барабана значительно ниже скорости главного барабана, вследствие чего происходит нанизывание волокон на иглы съемного барабана и сложение прочесанного слоя. Со съемного барабана сформированный холст забирается вытяжными цилиндрами *31* и направляется в лентоформирующую воронку *32*, где холст сужается до ширины ленты. Лента уплотняется, пройдя через пару плющильных валиков *33*, и через приемную пару *34* поступает в рулонный механизм *35*.

По достижении заданной длины ленты в рулоне *36* конусные зубчатые втулки рулонного механизма выходят из сердцевины рулона, ограничительные диски расходятся, освобождая торцы рулона, и последний свободно скатывается в гнездо весов *37*. Одновременно конусные втулки и диски рулонного механизма возвращаются в исходное положение, захватывают натянутую ленту, и начинается намотка следующего рулона. В этот момент происходит обрыв ленты, зажатой между втулками рулонного механизма и рулоном, расположенным на чаше весов.

1.3.5. КАРДОЧЕСАЛЬНЫЕ И ГРЕБНЕЧЕСАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Кардочесальные машины льняного очеса позволяют разделить (распутать) волокнистые пучки, очистить волокнистый материал от костры и частично удалить короткие волокна, перемешать волокнистый поток, выровнять его по массе и составу на коротких участках, сложить ленты на питающем полотне, благодаря чему выровнять волокнистый слой на длинных участках, сформировать равномерную и непрерывную ленту заданной толщины и структуры, разорвать длинные волокна, распрямить и параллелизовать их в ленте во время ее вытягивания. Питание чесальных машин, выпускаемых зарубежными фирмами, проводится, как правило, с разрыхлительного оборудования через взвешивающий бункер и распределительное устройство. Питание отечественных машин осуществляется рулонами лент с поточной линии. Производительность машины достигает 120 кг/ч.

Технологическая схема отечественной чесальной машины Ч-600-Л приведена на рис. 1.3.13. Раскатное устройство *1* питает чесальную машину рулонами *2*. Полотно *3* конвейера подает волокнистый материал в питающий узел (предпрочес), состоящий из двух пар игольчатых питающих цилиндров *4*, барабана предпрочеса *8*, рабочей пары *6* и *7* (рабочий валик *7* и чистительный валик *6*), поддерживающих валиков *11*, нулевого чистительного валика *5*, снимающего волокна со второго питающего цилиндра и передающего их барабану предпрочеса, и передаточного валика *9*, передающего волокна с барабана предпрочеса на главный барабан чесальной машины.

Волокна снимаются с главного барабана *10* и выводятся из машины двумя съемными барабанами *12*, обтянутыми игольчатой гарнитурой. С барабанов *12* волокна снимаются сбивными гребнями *13*, а выпускными воронками *14* собираются в ленту, которая двумя верхними выпускными парами, состоящими

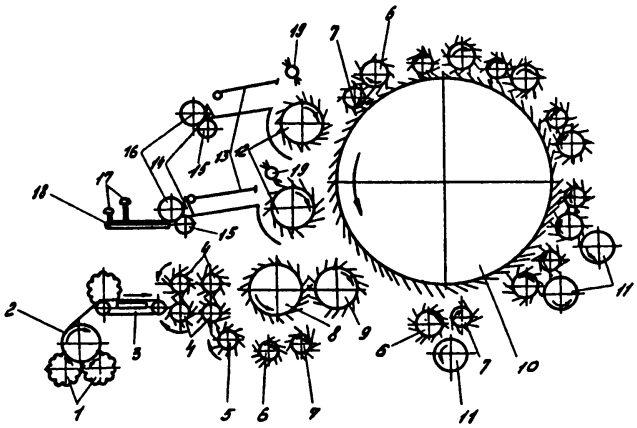


Рис. 1.3.13. Чесальная машина

из цилиндра *15* и накладного металлического валика *16*, заправляется в нижнюю выпускную пару, соединяясь с лентами, сформированными в этой же паре. Четыре сдвоенные ленты, выйдя из нижней выпускной пары, соединяются попарно и в виде двух лент направляются штырями *17* по столу *18* в питающие цилиндры вытяжной головки. Щетки *19* очищают съемные барабаны.

Волокнистый слой при обработке перемешивается и выравнивается на коротких участках, так как путь волокон с главного барабана через рабочую пару и обратно на главный барабан невелик. Этот процесс называется циклом кардочесания. Процесс кардочесания осуществляется путем воздействия на волокна игольчатых поверхностей. Схема взаимодействия игл главного барабана *1* и рабочего валика *2* приведена на рис. 1.3.14, *а*.

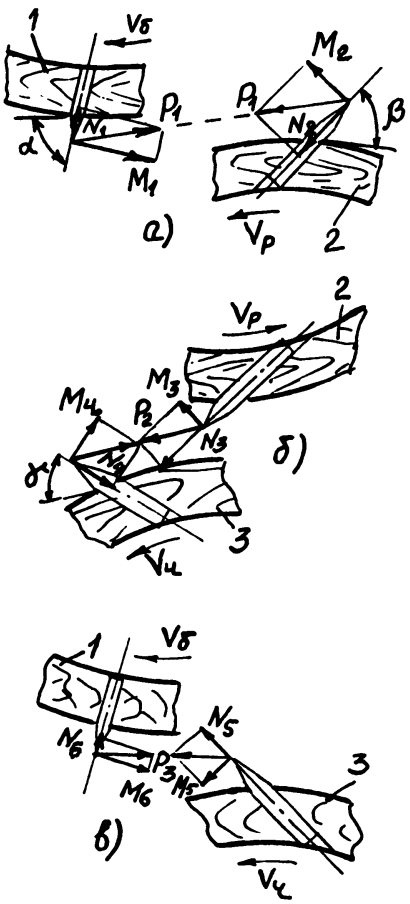


Рис. 1.3.14. Схемы взаимодействия игл рабочих органов чесальной машины Ч-600-Л в процессе кардочесания

Силы N_1 и N_2 направлены к основаниям игл и стремятся нанизать волокна на них, причем

$$N_1 = P_1 \cos\alpha;\ N_2 = P_1 \cos\beta,$$

где α и β - углы наклона игл к касательной главного барабана и рабочего валика.

Волокна, подводимые главным барабаном к рабочему валику, закрепляются на нем при $N_2 > N_1$, т.е. при $\cos\beta > \cos\alpha$. В применяемой гарнитуре $\alpha = 70°$, $\beta = 40°$.

Взаимодействие игл рабочего *2* и чистительного *3* валиков приведено на рис. 1.3.14, *б*. Рабочий и чистительные валики вращаются в противоположных направлениях. Скорость $v_ч$ чистительного валика в 10 - 20 раз больше скорости $v_р$ рабочего валика. Направления их движений таковы, что под действием силы $N_ч$ будут нанизываться волокна на иглы чистительного валика, а под действием силы $N_з$ сниматься с рабочего, в результате чего волокна будут переходить на чистительный валик. Угол наклона игл чистительного валика к касательной $\gamma = 35°$, он меньше угла наклона игл рабочего валика, что необходимо для удержания волокон на иглах чистителя.

Взаимодействие игл главного барабана *1* и чистительного валика *3* показано на рис. 1.3.14, *в*. Барабан и чистительный валик в зоне соприкосновения вращаются в противоположном направлении, а окружная скорость главного барабана в 3 - 5 раз больше окружной скорости чистительного валика. Направление сил N_5 и N_6 таково, что волокна легко сходят с игл чистительного валика и переходят на поверхность главного барабана, где смешиваются со слоем волокон, находящихся на этой поверхности.

Интенсивность кардочесания в прядении лубяных волокон принято характеризовать средним числом циклов $P_м$ в зоне взаимодействия игл главного барабана и игл рабочих валиков или как среднее число циклов чесания в каждой зоне барабан - рабочий валик - чистительный валик:

$$P_м = \frac{K_р}{1 - K_р},$$

где $K_р = 0{,}4 \div 0{,}85$ - коэффициент перехода волокон с главного барабана на рабочий валик, зависящий от захватывающей способности рабочих валиков.

Захватывающая способность (г/м^2) рабочего валика

$$M_р = \alpha_{пит} \frac{v_б}{v_р} = \frac{Q_ч}{v_р l},$$

где $\alpha_{пит} = Q_ч / v_б\, l$; $Q_ч$ - теоретическая производительность чесальной машины, г/мин; $v_б$ - окружная скорость барабана, м/мин; $v_р$ - окружная скорость рабочего валика, м/мин; l - длина образующей главного барабана, м.

По регламентированному технологическому режиму при переработке очеса рекомендуется поддерживать $M_р$ = 19 ÷ 25 г/м², а при переработке коротких льняных волокон $M_р$ = 22 ÷ 33 г/м².

Взаимодействие главного и съемных барабанов характеризуется коэффициентом перехода волокон с главного на съемные барабаны:

$$K_c = \frac{\alpha_{пит}}{\alpha_{пит} + \alpha_{ост}},$$

откуда остаточная загрузка барабана

$$\alpha_{ост} = \alpha_{пит} \frac{1 - K_c}{K_c}.$$

Загрузка главного барабана волокнами

$$\alpha_{общ} = \alpha_{пит} + \alpha_{ост} = \alpha_{ост} / K_c.$$

Среднее число больших циклов кардочесания

$$P_б = K_c^{-1}.$$

Среднее общее число циклов кардочесания

$$P = \frac{K_р}{1 - K_р} \frac{1}{K_c} m,$$

где m - число пар рабочих валиков на машине.

Основной поток волокон (г/м²), подводимый главным барабаном к съемным барабанам,

$$M_c = \frac{Q_ч}{v_c l},$$

где v_c - скорость ватки при съеме со съемного барабана.

По регламентированному режиму для очеса необходимо, чтобы $M_c \le 35{,}5$ г/м², а для коротких волокон $M_c \le 54{,}5$ г/м². Со съемных барабанов ватку снимают сбивные гребни. Частота колебаний гребня

$$n_{гр} = v_c\, n_{уд.гр},$$

где $n_{уд.гр}$ - удельное число качаний гребня на 1 м поверхности съемного барабана.

По регламентированным режимам $n_{уд.гр}$ = 80 качаний/м.

Загрузка волокнами игольчатого поля питающих цилиндров, г/м²,

$$z = \frac{Q_ч\, a}{v_п\, l_п},$$

где a - коэффициент угаров на чесальной машине; для очеса a = 1,15; для коротких волокон a = 1,35; $v_п$ - окружная скорость питающих цилиндров, м/мин; $l_п$ - длина образующей питающих цилиндров, м.

Техническая характеристика чесальной машины Ч-600-Л приведена ниже.

Размеры, мм:	
рабочая ширина машины	1830
диаметр по гарнитуре:	
главного барабана	1556
рабочих валиков:	
верхних	203,8
средних	205,2
нижних	211
съемных барабанов	378,4
ширина ленты в рулоне	150
Вытяжная головка:	
число ручьев	2
тип гребенного механизма	Однопольный
число лент в зоне питания	9 ÷ 10
Линейная плотность, ктекс:	
ленты в рулоне	160 ÷ 200
ленты на выпуске	16 ÷ 35
Число выпусков в головке машины	1
Вытяжка:	
в чесальной машине	1,73 ÷ 4,22
общая в машине	17,2 ÷ 109,5
Пределы регулирования вытяжки в головке, %	± 40
Неровнота (коэффициент вариации) по массе 1000 м ленты, %, не более	3
Скорость выпуска, м/мин, не более	110

Гребнечесальные машины улучшают качество волокон. Техническая характеристика машины ГК-485-Л1 приведена ниже.

Размеры, мм	
рабочая ширина машины	485
разводка	40 ÷ 60
Число:	
головок	1
выпусков	1
рядов игл в питающем гребне	8
планок в гребенном барабане	18

циклов чесаний в минуту, не более	130
лент в зоне питания	12
Подача ленты, мм/цикл, не более	22
Развес, г/м:	
лент в зоне питания, не более	25
выпускаемой ленты, не более	20
Производительность машины, кг/г:	
номинальная	22
максимальная	24
Коэффициент выхода гребной ленты	0,7
КВП машины	0,8

Гребнечесание в отличие от кардочесания проводится в зажатом состоянии волокон, что обеспечивает их хорошее распрямление и параллелизацию. Оно заключается в разделении волокнистой ленты (холстика) на бородки, прочесе бородок, соединении (спайке) бородок с образованием холстика.

Процесс чесания на машине ГК-485-Л1 разделяется на две фазы (рис. 1.3.15, *а*). Передняя часть бородки, выступающая из тисочного зажима, прочесывается иглами гребенного барабанчика. Прочесанный конец бородки зажимается отделительными цилиндрами *9*, а освобожденный прочесывается иглами верхнего гребня и гребнем питания, при этом происходит отделение длинных волокон из бородки отдельными цилиндрами, а затем осуществляется соединение прочесанной бородки с предыдущими бородками и формирование из них продукта в виде ленты (рис. 1.3.15, *б*). В обеих фазах работы машины в отличие от кардочесания бородка прочесывается в зажатом состоянии, вследствие чего достигаются полное удаление очесов, более интенсивное распределение и параллелизация волокон. Во время этих процессов происходит рассортировка волокон: короткие выделяются в очес, более длинные попадают в ленту (в прочес).

В табл. 1.3.6 представлена циклограмма работы машины ГК-485-Л1. В машине предусмотрена возможность регулирования времени вступления в работу круглого гребня, вытяжных цилиндров, отводящей каретки и сабель. Кратность чесания K бородки - число, показывающее, сколько раз бородка подвергается чесанию гребенным барабанчиком,

$$K = (R - r) / S,$$

где R - разводка (наименьшее расстояние между тисками *5* и отделительными цилиндрами *9*); r - длина непрочесанного участка бородки вблизи зажима; S - подача холстика за один цикл.

Максимальная длина волокон, удаляемых в очес $l_{оч} \le R$. Длина волокон, поступающих в прочес, $l_{пр} \ge R - S$. Вытяжка

$$\lambda_м = l_в / S = v_в / v_п,$$

где $l_в$ - длина выпуска прочеса за один цикл, мм; $v_в$ - окружная скорость выпускных цилиндров *18*, м/мин; $v_п$ - скорость подачи ленты из тазов, м/мин; $v_п = Sn_ц \cdot 10^{-3}$.

Скорость выпускных цилиндров

$$v_в = l_в n_ц \cdot 10^{-3},$$

где $n_ц$ - число циклов в минуту.

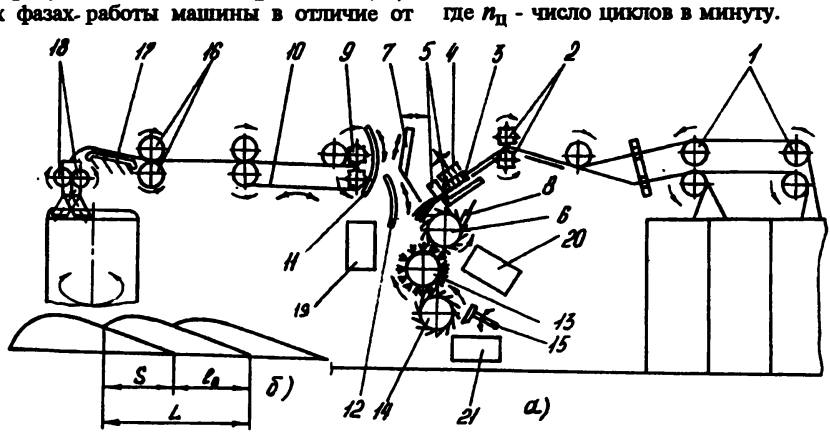
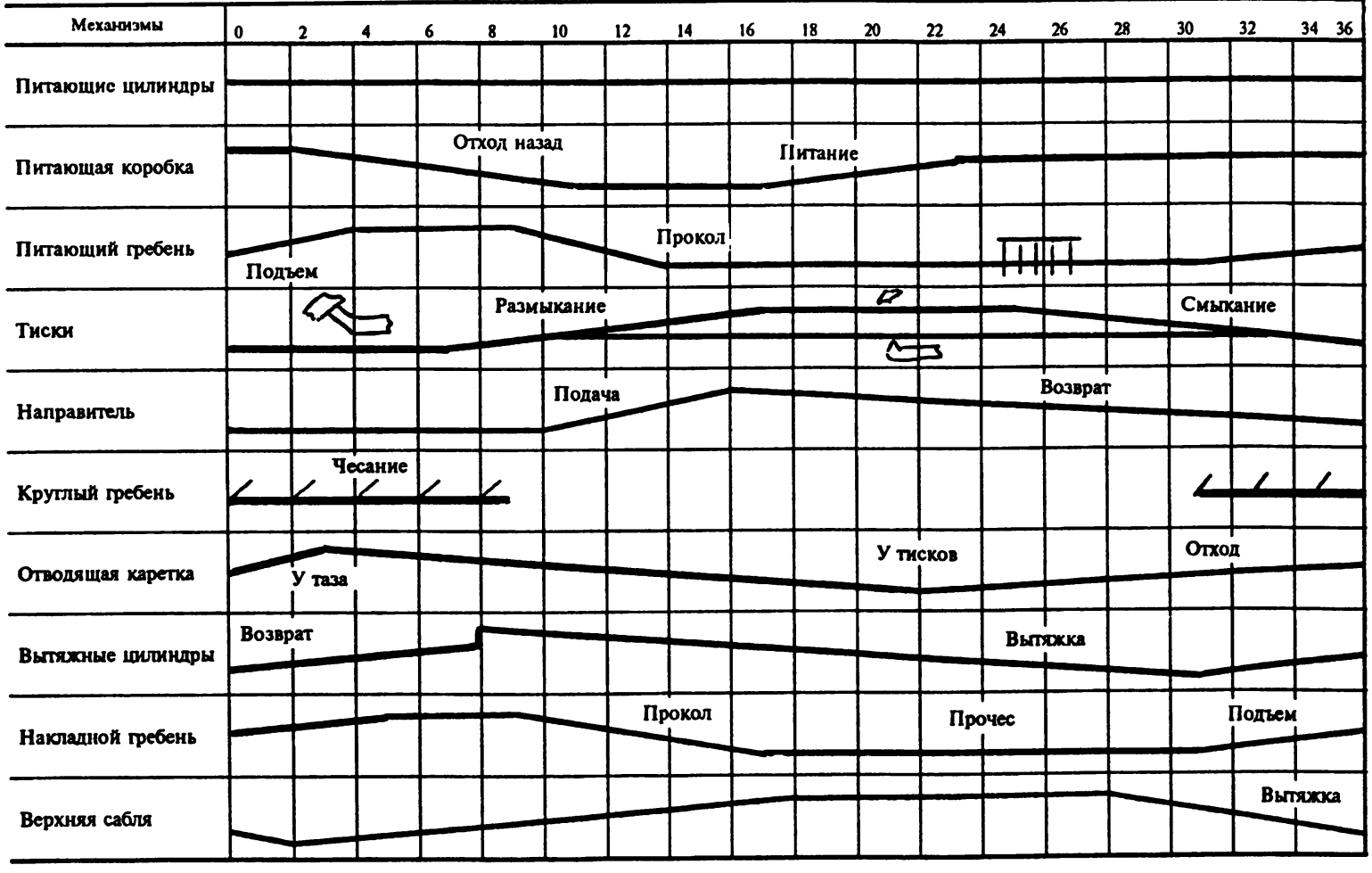


Рис. 1.3.15. Гребнечесальная машина ГК-485-Л1 (*а*) и структура прочеса (*б*):
1 - рамка питания; *2* - приемные цилиндры; *3* - питающая коробка; *4* - гребень предпрочеса; *5* - тиски; *6* - круглый гребень; *7* - накладной гребень; *8* - направитель; *9* - отделительные цилиндры; *10* - вытяжной стол с рукавом; *11* - сабля; *12* - контрсабля; *13* - круглая щетка; *14* - кардный барабан; *15* - съемный гребень; *16* - плющильные валики; *17* - формирующий лоток; *18* - выпускные валики; *19* - пневмоподдув; *20* - пневмоотсос пыли; *21* - пневмоотсос очесов; *L* - длина порции (подача материала в сторону выпуска); *S* - длина спайки (обратная подача материала в сторону тисков); $l_в$ - величина выпуска ленты за один цикл

1.3.6. Циклограмма работы машины ГК-485-Л1



1.3.6. КОЛЬЦЕВЫЕ ПРЯДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ СУХОГО ПРЯДЕНИЯ

Пряжу сухого прядения вырабатывают на кольцевых прядильных машинах непосредственно из ленты. Поэтому вытяжные приборы обеспечивают утонение ленточки с высокими вытяжками и имеют промежуточное поле сил трения (из ремешка с самогрузными валиками). Разводку между вытяжной и питающей парами устанавливают в зависимости от длины перерабатываемых волокон.

Прядильные машины сухого прядения, технические характеристики которых приведены в табл. 1.3.7, имеют некоторые особенности: перерабатывая технические волокна, эти машины вырабатывают в среднем более толстую пряжу, чем при мокром прядении более тонких элементарных волокон; в процессе сухого прядения выделяется большое количество пуха и пыли; с внедрением вытяжных приборов высокой вытяжки питающим продуктом является лента из тазов, в связи с чем машины являются односторонними.

1.3.7. Техническая характеристика машин сухого прядения льна

Параметры	ПС-100-Л0	ПС-100-Л
Расстояние между веретенами, мм	100	
Число веретен на машине	100 ÷ 150	
Частота вращения веретен, мин$^{-1}$	3500 ÷ 7000	
Кольцо:		
тип	Прядильное однобортное	
марка	1.1-40-75; 1.1-5,8-75	
диаметр, мм	75	
Привод веретен	Бесконечной тесьмой на два веретена от шкивов	
Тип намотки	Коническая на патрон	
Высота намотки, мм	300	
Линейная плотность вырабатываемой пряжи, текс	286 ÷ 83	250 ÷ 69
Число кручений на 1 м пряжи	150 ÷ 425	160 ÷ 450
Вытяжной прибор	Высокой вытяжки, однозонный, одноремешковый с самогрузными контрольными валиками	
Общая вытяжка	14 ÷ 40	
Нагрузка на нажимные валики, Н / см:		
вытяжная пара, не более	140	
питающая пара	30 ÷ 70	
Давление сжатого воздуха в пневмокамерах, кПа, не менее	250	
Мычкоуловитель:		
подача вентилятора, м^3/ч	2200	
расход воздуха на одно сопло, м^3/ч	12,5	
Мощность установленных электродвигателей привода, кВт:		
вентилятора	4	
механизма автоматического опускания кольцевых планок	0,4	
машины	13	

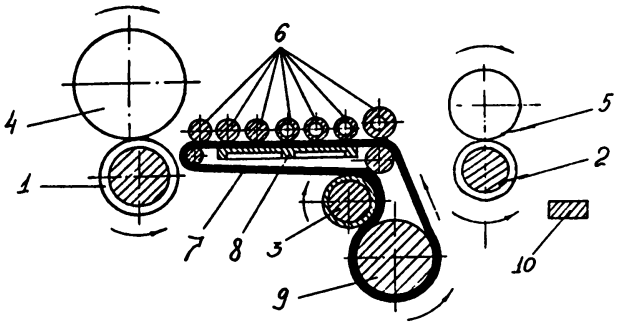


Рис. 1.3.16. Вытяжной прибор прядильной машины сухого способа прядения льна

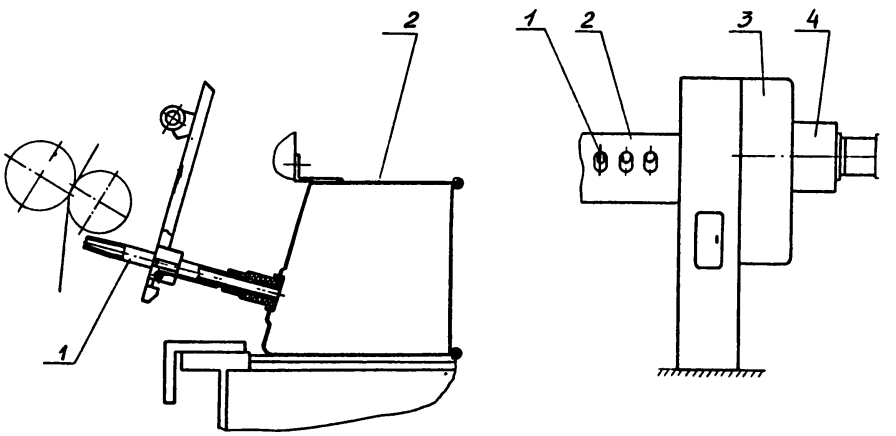


Рис. 1.3.17. Система мычкоуловителя

На рис. 1.3.16 приведена схема вытяжного прибора машины для прядения льняной пряжи сухим способом: однозонного одноремешкового с контролирующими самогрузными валиками. Разводка изменяется в зависимости от длины перерабатываемых волокон. Узел контроля движения волокон во время вытягивания состоит из ремешкового обрезиненного цилиндра *3*, приводящего в движение ремешки *7* со скоростью на 3 ÷ 25 % больше скорости питания, направляющего столика *8* и самогрузных валиков *6*. В систему движения включен грузовой валик *9*, обеспечивающий заданное натяжение ремешков. Контролирующие валики лежат на ремешках и вращаются вследствие трения; концы их осей находятся в ограничителях, удерживающих валики в заданном положении. Ремешок и контролирующие валики создают эффективное поле сил трения, достаточное для контроля движения волокон во время вытягивания.

Для более равномерного изнашивания ремешков, самогрузных валиков и тумбочек вытяжного *1* и питающего *2* цилиндра, а также нажимных валиков *4* и *5* в вытяжном приборе установлена планка-водилка *10* ленты, которая совершает возвратно-поступательное движение с регулируемым размахом.

В случае обрыва пряжи для предупреждения намотки мычки на вращающийся цилиндр *1* или валик *4* применяется устройство для улавливания мычки. Система мычкоуловителя состоит из индивидуального всасывающего сопла *1* (рис. 1.3.17) на каждый выпуск мычки, магистрального воздуховода *2*, волокносборщика *3* с сетчатым фильтром и вентилятора *4*. Всасывающее сопло представляет собой трубку, соединенную с магистральным воздуховодом через резиновую манжету. При присучивании мычки сопло вручную отводят вниз. На машинах предусмотрена вентиляционная система для удаления пыли и пуха из зоны их наибольшего выделения (от прядильного баллона и пары кольцо-бегунок).

Для удаления пыли, оседающей на деталях прядильной машины - вытяжном приборе, приводе веретен и т.д., применяют самоходные пухообдуватели-сборщики (рис. 1.3.18). Они расположены над машиной и включают в себя вентилятор *1*, устройство для перемеще-

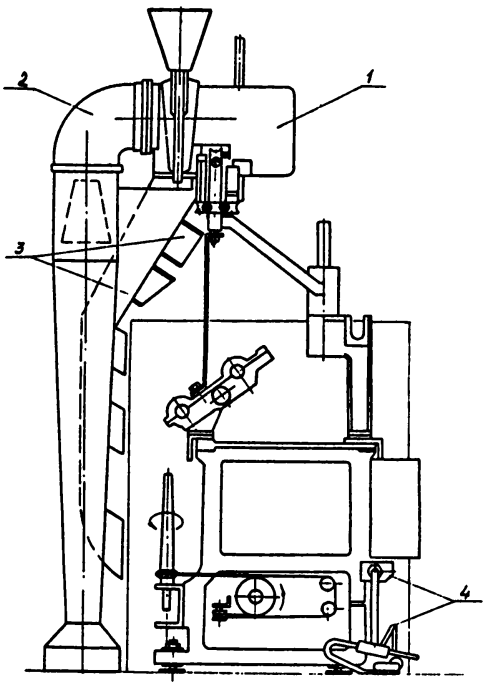


Рис. 1.3.18. Самоходный пухообдуватель-сборщик

ния всасывающего *2* и обдувающего *3* рукавов. Пухообдуватель-сборщик собирает пыль только со стороны веретен. Пыль и сор из-под машины и с узла привода веретен продуваются сжатым воздухом через трубы *4*, расположенные за машиной, посекционно синхронно движению пухообдувателя-сборщика. Пыль и сор, выдуваемые из-под машины, скапливаются в проходе на полу, где подбираются двигающимся сборщиком. Скорость перемещения пухообдувателя-сборщика 2 + 4 м/мин.

Совершенствование кольцевых машин для прядения льняной пряжи сухим способом ведется в направлении максимальной автоматизации ручных операций. Так, на машинах типа ПБС-100-ЛОА и ПБС-100-ЛА предусмотрен безбаллонный способ прядения (веретено со специальной насадкой), что позволяет дополнительно увеличить рабочую частоту вращения веретен на 1000 + 1500 мин$^{-1}$. На машине устанавливаются средства автоматизации для контроля обрывов пряжи, расчета и высвечивания на информационном табло показателей работы машины (выработку пряжи, обрывности, числа ненаматывающих веретен и т.д.), автоматический обдуватель-сборщик пуха и пыли, автосъемщик початков, механизм автоматического отключения питания лентой при обрыве пряжи, бесступенчатое регулирование частоты вращения веретен, устройство автоматической смазки колец.

1.3.7. РАЗРЫВНО-СМЕШИВАЮЩАЯ, ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКАЯ И САМОКРУТОЧНАЯ МАШИНЫ

Разрывно-смешивающая машина входит в приготовительную цепочку технологического оборудования для получения ленты с ограниченной длиной волокон. Машина РС-2-260-Л (рис. 1.3.19) предназначена для разрыва технических волокон на волокна длиной не более 120 мм и получения ленты для питания пневмомеханической прядильной машины.

Ленты из тазов *1* выбираются раскатными валами *2* с самогрузными валиками *3* и направляются на питающий столик *4*, где с помощью неподвижных направителей объединяются в холстик. Холстик питающими валами *5* подается в вытяжной прибор с тремя разрывными секциями *I*, *II*, *III*. Каждая секция состоит из двух разрывных цилиндров *6* и нажимного вала *7*. Из разрывной секции *III* продукт через лоток и уплотнительную воронку поступает в плющильные валы *8*. Сформированная лента лентоукладчиком *9* укладывается во вращающийся таз *10*.

В машине используется способ неконтролируемого разрыва волокон. Несмотря на большую неравномерность длины штапелированных волокон, они вполне пригодны для последующей переработки на пневмомеханической прядильной машине ППМ-240-Л. Учитывая, что диаметр прядильной камеры на этой прядильной машине 120 мм, длина штапелированных волокон не должна превышать 120 мм.

Техническая характеристика машины РС-2-260-Л приведена ниже.

Число выпусков	2
Ширина перерабатываемого холстика, мм, не более	260
Число сложений лент	4
Линейная плотность лент, ктекс:	
питающей	5 + 16
выпускаемой	6 + 12
Вытяжка:	
общая по машине	1,23 + 5,35
частные между питающими валами и первой разрывной секциями	1,1 + 1,66
между второй и третьей разрывными секциями	1,1 + 2,44
между третьей разрывной секцией и плющильными валами	0,95 + 1,19
Разводка в зоне разрыва, мм:	
первой	120 + 200
второй	100 + 130
Нагрузка на нажимной вал, кН	10 + 14
Скорость выпуска, м/мин, не более	150

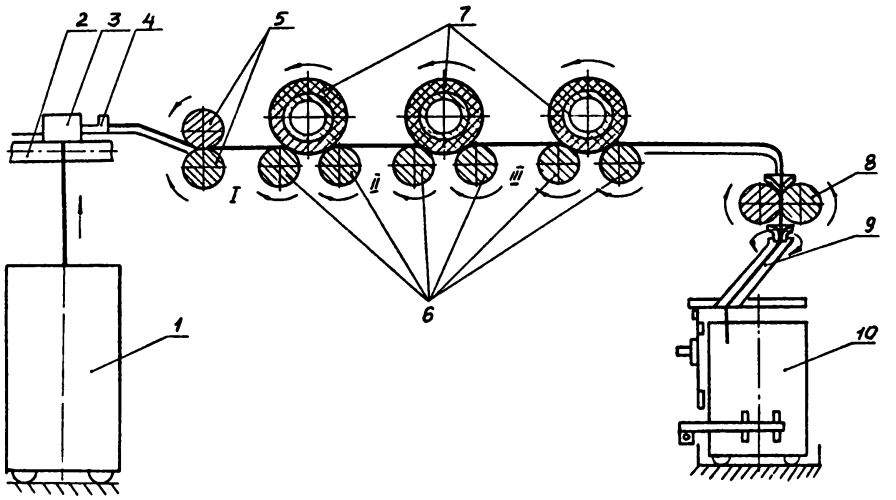


Рис. 1.3.19. Разрывно-смешивающая машина

Пневмомеханическая прядильная машина ППМ-240-Л (рис. 1.3.20) предназначена для выработки льняной пряжи из льняных волокон в смеси с химическими волокнами при питании машины лентой. Машина выполнена секционной, двусторонней из головной, хвостовой и средней секций. В отличие от пневмопрядильной машины БД-200 имеет оригинальные конструктивные решения питающего устройства и прядильной камеры.

Питающая лента *2* из таза *1* через уплотнительную воронку *3* подается игольчатым питающим валиком *4* в зону между питающим столиком *5* и расчесывающим валиком *6*. Воздушный поток через канал *7* волокно подает в прядильный ротор *8*, где формируется ленточка, получающая крутку в канале *9*. Пряжа через пряжевыводной канал *10* выводится тянульными валиками *11* и наматывается на пряженоситель *12* в бобину *13*. Раскладка пряжи вдоль пряженосителя производится нитераскладчиком *14*.

Техническая характеристика машины ППМ-24-Л приведена ниже.

Число выпусков на машине	20, 60, 100
Размеры, мм:	
расстояние между выпусками:	
в средней секции	240
в месте стыка секций	330
диаметр:	
питающего валика	63
расчесывающего валика	140
сборной поверхности прядильного ротора	120
нарабатываемой бобины:	
диаметр	250
высота намотки	150
Частота вращения, мин$^{-1}$:	
расчесывающих валиков	3500 + 5000
прядильных роторов	12 000+15 000
Статическое давление, кПа, не менее:	
в воздухопроводе	1
в прядильной камере	3,6
Расход воздуха на один выпуск, м^3/ч	45
Мощность установленных электродвигателей приводов, кВт:	
камер (два двигателя)	30
расчесывающих барабанов (два двигателя)	15
редукторов	2,2
вентилятора	5,5
Линейная плотность, ктекс:	
перерабатываемой ленты	9 + 12
пряжи беленой	96 + 165
суровой	200 + 280
Вытяжка	27 + 120
Число кручений на 1 м пряжи	200 + 540

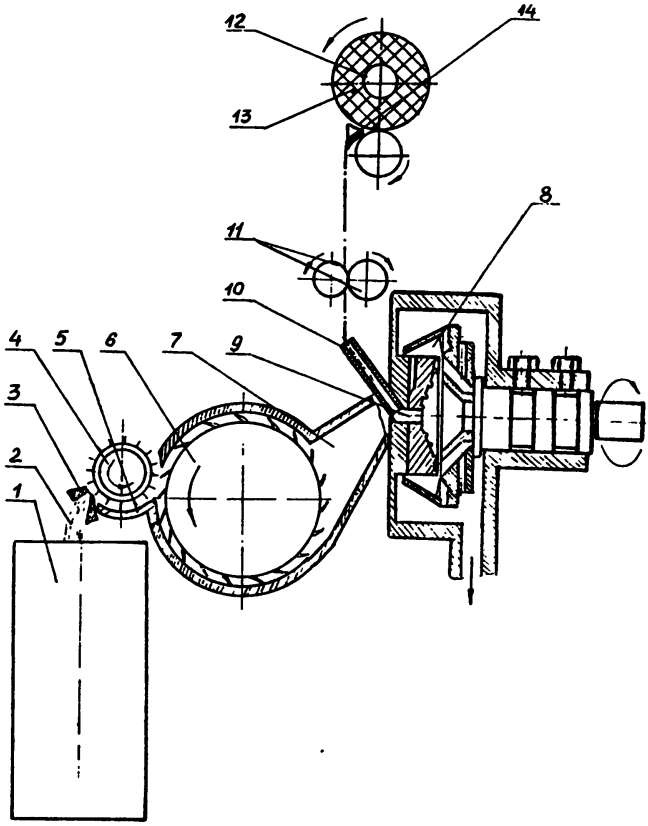


Рис. 1.3.20. Пневмомеханическая прядильная машина ППМ-240-Л

Пневмомеханическое прядение является развитием безровничного сухого прядения льна и открывает новые возможности для значительного увеличения производительности машины, вследствие повышения производительности приготовительных отделов и увеличения вытяжки ($\lambda \geq 60$), исключения перемотки пряжи в ткацком производстве, повышения производительности прядильного места, исключения съемщиков в прядильных цехах.

Значительно улучшаются условия труда в сухом льнопрядильном производстве: беление льняных волокон на данных стадиях технологического процесса резко снижает запыленность воздуха и загрязнение машины, уменьшается содержание взрывоопасной фракции и выделяемой пыли; пневмомеханическое прядение в сочетании с белением льняных волокон в ленте открывает возможность для расширения области сухого прядения применительно к выработке тканей бытового назначения вследствие вытеснения мокрого очесового прядения.

Машина прядильная самокруточная ПСК-225-ЛО (рис. 1.3.21) позволяет повысить производительность труда и оборудования в результате увеличения скорости выпуска пряжи в 6 - 8 раз и сократить число технологических операций. Она предназначена для частичной замены кольцепрядильных машин типа ПС-100-ЛО при выработке пряжи технического назначения. На машине вырабатывается самокрученая пряжа из коротких льняных волокон и льняного очеса и их смесей с химическими волокнами.

Техническая характеристика машины приведена ниже.

Число выпусков	4
Расстояние между выпусками, мм	225
Линейная плотность, ктекс:	
вырабатываемой пряжи (с учетом комплексной химической нити)	0,100 × 2, 0,140 × 2, 0,170 × 2, 0,200 × 2
питающего продукта (ленты)	2,5 + 6,6

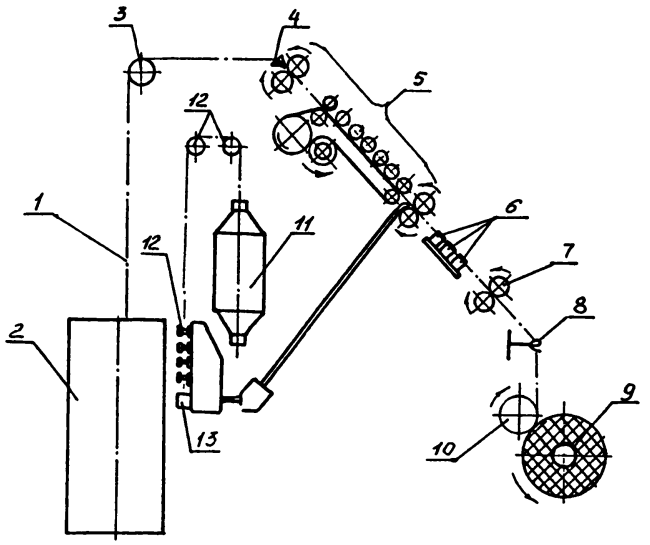


Рис. 1.3.21. Самокруточная прядильная машина ПСК-225-Л0

Скорость выпуска пряжи, м/мин:	
в рабочем режиме	100 ÷ 150
в заправочном режиме, не более	50
Длина периода самокручения пряжи, мм	120, 180, 240
Сдвиг по фазе между крутками в соединяемых нитях пряжи, °	30, 60, 120
Количество комплексной химической нити в пряже, %, не более	22
Давление сжатого воздуха, МПа	(0,1+0,3) ± ± 10 %
Расход сжатого воздуха, $м^3/ч$, не более	25
Мощность электродвигателей, кВт, не более:	
для заправочной скорости	0,37
для рабочей скорости	1,5
вентилятора	2,2

Лента *1* из таза *2*, расположенного за машиной, поступает на раскатной вал *3* и, проходя через уплотнитель *4*, направляется в вытяжное устройство *5*. Обрыв или сход конца ленты контролирует датчик. Мычка, выходящая из вытяжного устройства, потоком воздуха, поступающего в сопла эжекторов, направляется в блок вихревых камер *6*, где получает знакопеременную крутку. Мычки, попарно соединяясь в соединительной камере, образуют равновесную пряжу со знакопеременной круткой. Пряжа (нить) тянульной парой *7* подается через компенсатор *8* на приемный нитеноситель *9*. Раскладка пряжи осуществляется цилиндрическим мотальным барабанчиком *10*.

Комплексная химическая нить сматывается с паковок *11* и, проходя через датчик контроля обрыва или схода комплексной нити, поступает в натяжное устройство *12*, которое может поворачиваться вокруг оси, изменяя угол охвата; при этом изменяется натяжение комплексной химической нити. Число стержневых нитей соответствует числу мычек волокнистого материала. Комплексная химическая нить эжектором *13* подается в вытяжной прибор, где соединяется с другой волокнистой составляющей.

При обрыве мычки, нити, сходе конца или обрыве химической нити на одном из выпусков происходит прекращение прядения только на этом рабочем месте. При наработке паковки заданного диаметра также происходит прекращение прядения на данном выпуске.

Глава 1.4

ОТДЕЛОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

1.4.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУХОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ворсовальные машины. Игловорсовальные, шишечно-ворсовальные, рамочные и комбинированные машины предназначены для создания на поверхности тканей пушистого ворсистого покрова из кончиков волокон. Ворсистый покров получают с одной или двух сторон полотна с помощью игольчатой гарни-

туры ворсующих валиков, кардных роликов или зацепов ворсовальных шишек.

Игловорсовальные многоваличные машины используют для ворсования хлопчатобумажных и шерстяных тканей, одеял, платков, трикотажных полотен, нетканых материалов. Они хорошо агрегируются с другими машинами и автоматизируются. Игловорсовальные многоваличные машины можно классифицировать по ряду признаков: числу ворсующих валиков - 18, 24, 28, 30, 36, 40-валичные с одной или двумя сериями; числу барабанов - однобарабаные и двухбарабанные; частоте вращения барабана - с постоянной и переменной; рабочей ширине - узкие (1250, 1500, 1600 мм), нормальные (1750, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600), широкие (3000, 3600), сверхширокие (5232); характеру привода ворсующих валиков - дифференциально-фрикционные с плоскоременным, клиноременным, цепным, зубчатым приводами, планетарно-фрикционные с плоскоременным, клиноременным и безременным (фрикционное кольцо и конусные шкивы на цапфах валиков) приводами; способу регулирования скорости ворсующих валиков - цепными вариаторами, гидроприводом, шаговым двигателем.

Основными рабочими органами 36-валичной игловорсовальной машины ИВ-36-180 двойного действия (рис. 1.4.1) является барабан *6*, ворсовальные (ВВ) *13* и противоворсовальные (ПВ) *12* валики. У ворсовальных валиков иглы гарнитуры направлены по направлению вращения барабана, у противоворсовальных - против вращения. Барабан *6* вращается в направлении движения ткани *7* с окружной скоростью $v_6 = 310{,}8$ м/мин и частотой вращения $n_6 = 90$ мин$^{-1}$.

Ворсующие валики совершают вращательные движения (рис. 1.4.2): перемещение центров *A* вокруг оси *0* с постоянной угловой скоростью барабана ω_6 (переносное движение) и вращение валика вокруг центра *A* с переменной регулируемой угловой скоростью $\omega_в^{отн}$ от приводных клиновых ремней в направлении, противоположном направлению вращения барабана. Система транспортных валов обеспечивает перемещение полотна с заданными скоростью и натяжением.

Скорость движения ткани $v_т$ по барабану равна окружной скорости заднего транспортного вала *15* (см. рис. 1.4.1): $v_т = v_{15} = 9 + 40{,}1$ м/мин. Натяжение ткани в зоне ворсования создается разностью частот вращения заднего *15* и переднего *2* транспортных валов. Передаточное отношение $u = n_{15} / n_2 = 1{,}035$; 1; 0,967. Степень натяжения ткани $c = n_{15}/n_2 - 1$. Ниже приведены значения *u* и *c*.

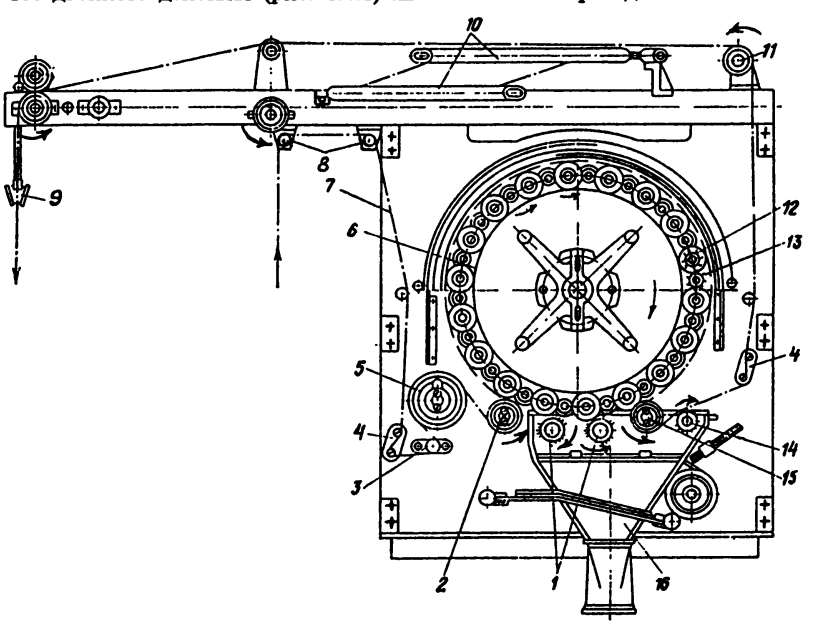


Рис. 1.4.1. Игловорсовальная машина:
1 - очистительные щетки; 2 - передний транспортный вал; *3* - тормозной валик; *4* - бремза; *5* - подсушивающий паровой барабан; *6* - ворсующий барабан; *7* - ткань; *8* - тканенаправляющие ролики; *9* - укладчик ткани; *10* - ролики для перевертывания ткани; *11* - транспортирующий валик; *12* - противоворсовальные валики; *13* - ворсовальные валики; *14* - сглаживающая щетка; *15* - задний транспортный вал; *16* - камера отсоса пуха

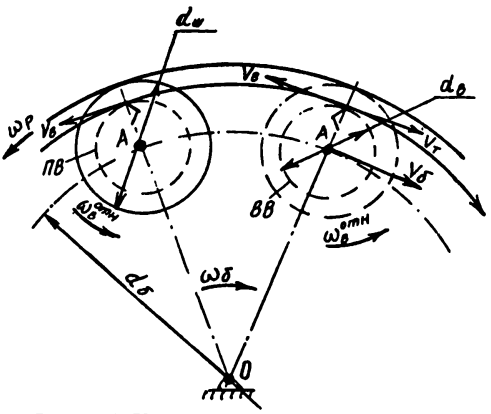


Рис. 1.4.2. Условие ворсования игловорсовальной машины

u	1	1,033	0,967
c	0	+0,033 (3,3 %)	-0,033 (3,3 %)
Натяжение	Среднее	Тугое	Слабое

Диаметры ворсующих валиков по концам игл и окружности барабана, проходящей через оси валиков, соответственно $d_в$ = 92, $d_б$ = = 1100 мм у машины ИВ-36-180 и $d_в$ = 82, $d_б$ = 820 мм у машины Текстима (Германия).

Частота вращения барабана $n_б$ = 85 + 120 мин$^{-1}$ зависит от рабочей ширины и конструкции машины. При одном и том же числе ворсующих валиков с увеличением рабочей ширины машины частота $n_б$ уменьшается. Для машин с 24-мя ворсующими валиками при рабочей ширине 1800 мм частота вращения $n_б$ = 120 мин$^{-1}$, при 2400 мм $n_б$ = 90 мин$^{-1}$, но при рабочей ширине 1800 мм и числе валиков 28 частота $n_б$ = 100 мин$^{-1}$. Мощность электродвигателя привода машины с 24-мя валиками 11 кВт при рабочей ширине 1800 + 2400 мм и 15 кВт при рабочей ширине 2600 + 3400 мм.

Характер распределения сил, моментов и мощностей во фрикционно-дифференциальной передаче к ворсующим валикам зависит от его вида, а также величины и направления абсолютной $v_а$ и эффективной $v_э$ скоростей. Кинематической характеристикой интенсивности воздействия игл гарнитуры на ткань является скорость перемещения игл валиков относительно ткани (эффективная скорость $v_э$ ворсования):

$$v_э = v_в - v_б + v_т,$$

где $v_в = \omega_в d_в / 2$ - окружная скорость концов игл гарнитуры ворсующих валиков относительно оси A $\omega_в = (\omega_б + \omega_р)(1 - \xi)\dfrac{(d_б + d_ш)}{d_ш} -$ $-\omega_б(1 - \xi)$; $\omega_в^{отн} = (\omega_б + \omega_р)(1 - \xi)\dfrac{(d_б + d_ш)}{d_ш}$;

$\omega_в$ - абсолютная угловая скорость ворсующих валиков; $\omega_р$, ξ - соответственно угловая скорость и коэффициент скольжения клиновых ремней привода ворсующих валиков; $d_ш$ - диаметр приводного шкива, установленного на ворсующем валике; $v_а$ - абсолютная окружная скорость концов игл гарнитуры; $v_а = (v_р +$ $+ v_б)(1 - \xi)\dfrac{d_в}{d_ш}$; $v_б$, $v_т$ и $v_р$ - соответственно окружные скорости барабана по осям ворсующих валиков, ткани и ремня; $v_б = \omega_б d_б / 2$; $v_р = \omega_р (d_б + d_ш)/ 2$.

Условия интенсивного ворсования для машин двойного действия при $v_б$ = const: для противоворсовальных валиков $v_э^п > 0$ как при положительном, так и отрицательном значениях скорости $v_а^п$. При $v_а^п > 0$ увеличивается угловая скорость $\omega_в^{отн}$ валиков вследствие роста скорости $\omega_р$ ремня. При $v_а^п < 0$ ворсование происходит при выполнении условия $|v_а^п| < |v_т|$, что достигается при малой скорости $\omega_р$ ремня (интенсивность ворсования небольшая).

Для ворсовальных валиков $v_э^в < 0$ достигается уменьшением их угловой скорости $\omega_в^{отн}$ при снижении $\omega_р$ ремня. При этом $v_а^в < 0$ и по величине больше скорости движения ткани $v_т$, т.е. $|v_а^в| > |v_т|$. При $v_в$ = = const с ростом скорости движения ткани уменьшается действие ворсовальных валиков и увеличивается противоворсовальных. При тугом натяжении ткани эффект ворсования снижается. Наилучшая равномерность ворса получается при равенстве абсолютных значений эффективной скорости валиков обеих серий, $v_э^п = v_э^в$.

Клиноременная передача привода ворсующих валиков имеет ряд конструктивных особенностей: малый угол $\alpha_р$ охвата шкива ремнем, $\alpha_р = 360° / k$, где k - число ворсующих валиков одной серии; различие в натяжении конечных и начальных участков разрезного ремня; периодическое действие нагрузки на

ворсующие валики при прохождении зоны барабана, охваченной тканью.

Коэффициент скольжения клиновых ремней

$$\xi = 1 - \frac{\omega_в^{отн} d_ш}{(\omega_р + \omega_б)(d_б + d_ш)}.$$

Принципиально возможные предельные значения коэффициентов скольжения

$$\xi = 1 - \frac{(v_б - v_т) d_ш}{(v_р + v_б) d_в}.$$

В режиме ворсования для противоворсовальных валиков $\xi_п > 0$, для ворсовальных $\xi_в < 0$, а в режиме фильцевания соответственно $\xi_п < 0$ и $\xi_в > 0$. Коэффициент скольжения для противоворсовальных валиков увеличивается с повышением скорости движения ткани $v_т$ и ремня $\omega_р$, для ворсовальных валиков - с уменьшением $v_т$ и $\omega_р$. Диапазон изменения коэффициента скольжения ξ = (0,01 + 0,02). Изменение знака коэффициента скольжения объясняется тем, что во фрикционно-дифференциальной передаче клиновидные ремни привода ворсующих валиков могут быть как ведущими, так и ведомыми: при положительном коэффициенте скольжения ремень является ведущим звеном в передаче, а при отрицательном - ведомым.

При рабочем режиме для получения действительной эффективной скорости ворсования $v_э^п$ игл гарнитуры противоворсовальных валиков, равной ее теоретическому значению (при $\xi_п = 0$ и $\omega_{р.т}$), необходимо сообщатьременному приводу скорость $\omega_р > \omega_{р.т}$. Для ворсовальных валиков при рабочем режиме это условие выполняется при $\omega_р < \omega_{р.т}$.

Начальным режимом настройки игловорсовальной машины является режим "точки нулевого ворсования", при котором иглы гарнитуры ворсующих валиков обеих серий только накалывают ткань, не ворсуя ее. При этом режиме $v_э^п = v_э^в = 0$. Точка нулевого ворсования изменяется с изменением скорости движения ткани. Чем больше скорость ткани, тем меньше угловая скорость приводных ремней $\omega_р$.

Кинетостатический анализ без учета потерь на трение, сил тяжести валика, шкива, ткани, инерционных нагрузок звеньев при $\omega_б$ = const, угловом ускорении валиков, равном 0, угле охвата шкива ремнем $\alpha_р = 0$, угле охвата ворсующего валика тканью $\alpha_т = 0$ (ввиду их малости) рассмотрены ниже (рис. 1.4.3). Сила полезного технологического сопротивления $F_в = S_{тl} - S_{т(l+1)}$ (где $S_{тl}$, $S_{т(l+1)}$ - натяжение соответственно сбегающей и набегающей ветвей участка ткани, охватывающей ворсующий валик) приложена к концам игл гарнитуры и направлена против вектора эффективной скорости $v_э$.

Окружная сила, приложенная к приводному шкиву ворсующего валика,

$$F_ш = S_{рl} - S_{р(l+1)},$$

где $S_{рl}$, $S_{р(l+1)}$ - натяжение соответственно сбегающей и набегающей ветвей ремня.

У противоворсовальных валиков на рабочем режиме (рис. 1.4.3, *а*) при $v_а^п > 0$, $v_э^п > 0$ направление вектора силы $F_ш$ совпадает с направлением вектора скорости ремня $v_р$. При равномерном вращении валика вокруг центра $AF_ш = F_в d_в / d_ш$, причем $F_ш < F_в$, так как $d_ш > d_в$.

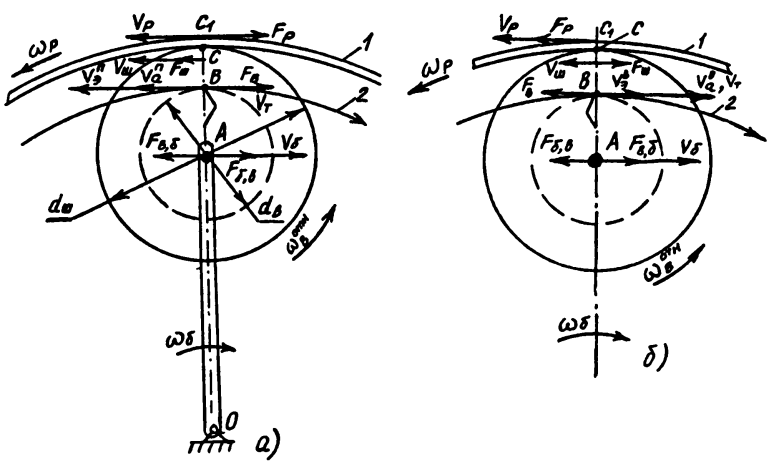


Рис. 1.4.3. Схема распределения сил и скоростей на ворсовальных валиках игловорсовальной машины:
а - противоворсовальном; *б* - ворсовальном; *1* - ремень; *2* - ткань

Условие равновесия валика при коллинеарности векторов сил

$$F_{ш} - F_{в} + F_{в,б} = 0,$$

где $F_{в,б}$ - сила, действующая на ось ворсующего валика со стороны барабана, $F_{в,б} = F_{в}(1 - d_{в} / d_{ш})$.

Окружная сила, направленная вдоль вектора линейной скорости $v_{б}$ центра A валика, $\bar{F}_{б,в} = -\bar{F}_{в,б}$. Сила сопротивления, приложенная к ремню и направленная против $v_{р}$, $\bar{F}_{р} = -\bar{F}_{ш}$. Уравнение мгновенных мощностей без учета сил трения

$$P_{ш} + P_{б} + P_{т} = 0,$$

где $P_{ш}$ - мощность, подводимая ремнем к шкиву; $P_{ш} = F_{в}\frac{d_{в}}{d_{ш}}\left[-v_{б}\xi + v_{р}(1-\xi)\right]$; $P_{б}$ - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления валика переносному движению; $P_{б} = -F_{в}\left(1 - \frac{d_{в}}{d_{ш}}\right)v_{б}$; $P_{т}$ - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления ткани ворсованию; $P_{т} = -F_{в}\left[-v_{б} + \left(v_{р} + v_{б}\right)(1-\xi)\frac{d_{в}}{d_{ш}}\right]$.

Таким образом, $P_{ш} = P_{б} + P_{т}$. Ткань тормозит движение валика. Ведущий ремень преодолевает это сопротивление, но вращение противоворсовального валика сопровождается потерей его угловой скорости $\omega_{в}^{отн}$, $\xi > 0$.

У противоворсовальных валиков на режиме при $v_{а}^{п} < 0$, $v_{э}^{п} > 0$ имеем $P_{т} + P_{ш} = P_{б}$. Ведущими звеньями в передаче являются ремень и ткань, набегающая на иглы за счет опережающего перемещения последних. В результате волокна нанизываются на иглы и вытаскиваются на поверхность ткани. Сила $F_{в}$ обеспечивает процесс ворсования, но создает момент сопротивления вращению валика, который теряет скорость $\omega_{в}^{отн}$, ($\xi > 0$). Ведущий ремень создает силу, преодолевающую сопротивление вращению валика.

У ворсовальных валиков на рабочем режиме при $v_{а}^{в} < 0$, $v_{э}^{в} < 0$, $|v_{а}^{в}| > |v_{т}|$ (рис. 1.4.3, *б*) $P_{б} = P_{ш} + P_{т}$. Иглы опережают ткань, входят в нее и извлекают волокна. Сила $F_{в}$ создает крутящий момент, способствующий увеличению угловой скорости $\omega_{в}^{отн}$ валика; коэффициент скольжения $\xi < 0$. Ремень притормаживает вращение ворсовального валика.

Системы настроек основных органов ворсовальных машин обеспечивают различную отделку обрабатываемой ткани. В отделочном производстве имеются пять систем настроек. Используются машины с фиксированной и трансформируемой настройкой ее основных рабочих органов. Трансформация осуществляется изменением взаимного направления движения барабана и ткани, направления наклона игл гарнитуры ворсующих валиков по отношению к движущейся ткани.

Наиболее распространенной системой настройки является ворсовальная система двойного действия (см. рис. 1.4.2), создающая вспушенный ворсовой покров. Ворсовально-фильцевальная машина по конструкции аналогична машине двойного действия, однако вращение барабана происходит в направлении, противоположном направлению перемещения ткани, а валиков - по ходу ткани. Такая система настройки позволяет без существенной переделки машины устанавливать два режима работы: ворсование и фильцевание (последний иногда называют полуфильцеванием). Максимальный эффект закатывания ворса получают на фильцевальной машине.

В особых случаях применяют еще два варианта настроек машин, при которых направления движения ворсующих валиков, барабана н ткани совпадают с направлением их движения в машине двойного действия. Однако при одной настройке используют только ворсовальные валики, а при другой - только противоворсовальные.

На машинах одинарных систем ворсования обработка ткани сопровождается меньшей потерей ее прочности. На машине двойного действия нельзя получить достаточно хороший фильцевальный эффект, достигаемый при обработке полотна на ворсовально-фильцевальной машине. Наиболее совершенным типом трансформируемой машины, позволяющей воспроизводить все пять систем настроек, является 24-валичная машина фирмы Релей (Великобритания). В табл. 1.4.1 приведена характеристика игловорсовальных машин различных фирм.

Для регулирования процесса ворсования и получения желаемого эффекта служат контрольно-измерительные устройства - механические, оптические, электрические, электронные с микропроцессором (МС-10, МС-20 фирмы Марио Кроста, Италия).

Непрерывность процесса ворсования обеспечивается установкой нескольких машин в поточную линию. Определенная комбинация нескольких машин и поворотных устройств позволяют проводить двустороннее ворсование полотна при любом числе проходов. Обычно ткань заправляют в одно или в два полотна в зависимости от ширины машины. Для регулирования зоны ворсования и сохранения прочности волокон применяют приспособления для двойного или тройного приподнимания полотна над поверхностью ворсующих валиков.

1.4.1. Техническая характеристика игловорсовальных машин

Машина	Фирма (страна)	Привод ворсующих валиков / регулирование скорости	Число ворсующих валиков	Тип системы настройки	Рабочая ширина, мм	Скорость движения ткани, м/мин
RR / S	Монфортс (Германия)	Безременный (неподвижное фрикционное кольцо, конические шкивы на валиках) / вариатором	30	Двойного действия	1800, 2000, 2200, 2400	10 ÷ 30
RZH		Дифференциальная зубчатая передача с внутренним зацеплением / вариатором	30	То же	1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800	7,5÷45
MC-10	Марио Кроста (Италия)	Клиноременная передача / шаговым двигателем с независимым управлением	24, 28, 30, 36	То же, $n_б$ = var	1600, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000, 3200, 3400	10 ÷ 30
MC-20 MC-60		Клиноременная передача / шаговым двигателем	20, 24	Двойного действия, ворсовально-фильцевальная, два барабана, $n_б$ = = var	1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000, 3200	10 ÷ 30
TRI-S45 TRI-224 TRI-424	Франц Мюллер (Германия)	Клиноременная передача / вариатором	28 24 24	Двойного действия	1800 ÷ 3000 1800 ÷ 2600 1800 ÷ 3600	10 ÷ 45
6723/1W 6723/2W 6723/4W	Текстима (Германия)	То же	24	Пять систем	1800, 2000, 2200, 2400, 2600	10 ÷ 60
6724/1W 6724/2W		"	30	То же	1800, 2000, 2200	10 ÷ 60

Стригальные машины. Эти машины предназначены для выравнивания ворса по высоте на завершающей стадии отделки ткани, а также для очистки поверхности от выступающих концов волокон, узелков, пуха при подготовке ее к печати.

В стригальной машине СГ-4-180 заданное натяжение и центрирование ткани по оси машины обеспечивает заправочное устройство *1* (рис. 1.4.4). Машина имеет две секции, разделенные площадкой для обслуживания. Каждая из них включает очистительные щетки *2* (круглые и плоские), два стригальных аппарата *3*, направляющие ролики *4*, транспортные валы *5*.

В состав первой секции входит швоуловитель, контролирующий подход шва к зоне обработки и подающий сигнал на командоаппарат, который обеспечивает своевременный поочередный подъем режущих аппаратов с помощью пневмоцилиндров на высоту, гарантирующую проход шва через стригальный аппарат без повреждений. Между секциями может быть установлено устройство переворачивания ткани с одной стороны на другую для двусторонней стрижки за один проход. Ткань тканеукладчиком укладывается в тележку.

В состав машины входят станции управления и компрессорная, а также система вентиляции, обеспечивающая удаление пуха и пыли от щеток и стригальных аппаратов.

Стригальный аппарат машины состоит из стригального цилиндра *1* со спиральными ножами, плоского ножа *2* и направляющего стола *3* (рис. 1.4.5). В зависимости от расположения стригального аппарата относительно ткани различают машины горизонтальные и вертикальные.

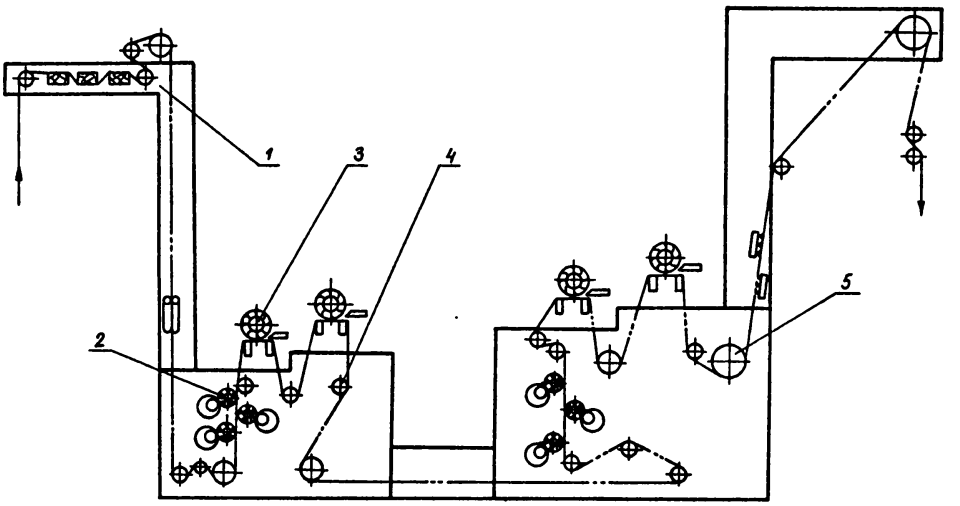


Рис. 1.4.4. Схема стригальной машины СГ-4-180

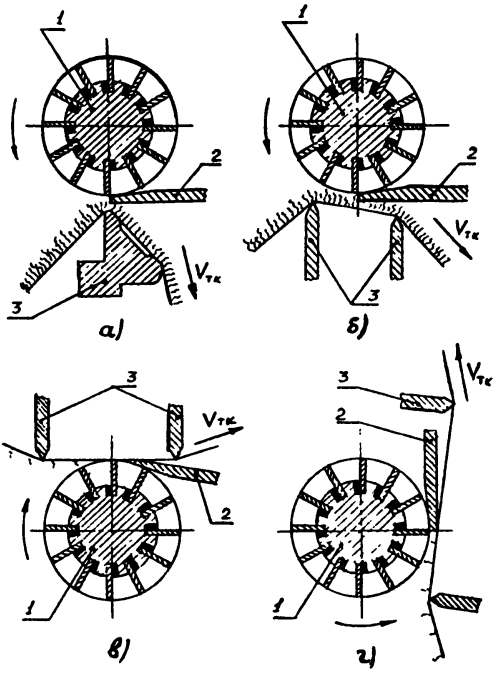


Рис. 1.4.5. Схемы стригальных аппаратов

Горизонтальные стригальные машины выполняют верхнюю стрижку "со стола" (рис. 1.4.5, *а*), "с веса' (рис. 1.4.5, *б*) или нижнюю стрижку (рис. 1.4.5, *в*). Стрижку "со стола" осуществляют стригальные машины фирм Рэксон (Бельгия), Ники Мэчинери (Япония), Монфортс (Германия), Пресненского машиностроительного завода (ПМЗ) и др., а стрижку "с веса" - машины фирм Селерз (Великобритания), ПМЗ и др. Машины некоторых фирм обеспечивают оба способа стрижки: Селерз, Шолэрт (Франция), Паркс Вулсон (США) и др. Машины с нижней стрижкой применяют для легких тканей (бязь, миткаль, сатин и др.).

В вертикальных машинах режущие механизмы расположены слева и справа от ткани (рис. 1.4.5, *г*). Такие машины предназначены для стрижки и очистки тканей из искусственного и натурального шелка, льняных, легких камвольных, а также тканей из химических волокон.

Спиральные ножи в количестве 18 - 26, изготовленные из высокоуглеродистой стали, устанавливают на стригальном цилиндре с помощью фланцев (рис. 1.4.6, *в*) фирмы Монфортс, Меншнер, Ники Мэчинери Ко. Лтд, с помощью зачеканки в винтовые пазы (рис. 1.4.6, *а, б, г*), фирмы Селерз, Паркс Вулсон, ПМЗ. Некоторые спиральные ножи изготовляют с насечкой (7 - 22 на 1 см). Профиль ножей может быть прямым *а* (фирмы Селерз, Паркс Вулсон), коленообразным *б* (ПМЗ) и вогнутым *в* (фирмы Рэксон, Ники Мэчинери

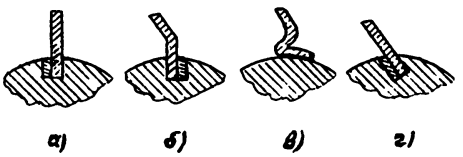


Рис. 1.4.6. Профили спиральных ножей

Ко. Лтд, Франк, Мюллер, Шолерт, Монфортс). Коленообразный и вогнутый профили обеспечивают острый угол резания. При прямом профиле уменьшение угла резания достигается установкой спирального ножа с наклоном в сторону движения *г* (фирма Паркс Вулсон).

Характеристикой стригальной машины является коэффициент степени стрижки - число срезов на 1 см длины ткани:

$$K_c = n\,z\,/\,100\,v_T,$$

где n - частота вращения стригального цилиндра, $с^{-1}$; z - число спиральных ножей; v_T - скорость ткани, м/с.

Качество ворсовой поверхности оценивается неровнотой ворса - разность высот самой высокой и самой низкой ворсинок на длине ткани, равной подаче ее на один оборот стригального цилиндра или на один спиральный нож. Неровнота ворса по длине ткани вызвана колебаниями стригального цилиндра (неровнота вида I Δh_I) и периодическим воздействием на ткань спирального и плоского ножей (неровнота вида II Δh_{II}). Величина Δh_I зависит от конструкции стригального цилиндра (массы, жесткости, неуравновешенности, условий закрепления) и численно равна амплитуде колебаний цилиндра во время работы. Величина Δh_{II} зависит также от способа стрижки. При стрижке "со стола"

$$\Delta h_{II} = \frac{(R+\alpha)(R+\alpha+h)\left(1-\cos\frac{S_1}{R+\alpha}\right)}{4h},$$

где R - радиус закругления направляющего стола; α - толщина грунта ткани; h - высота ворса; S_1 - подача ткани на один спиральный нож; $S_1 = 1\,/\,K_c = 100\,v_T\,/\,n\,z$.

При стрижке "с веса"

$$\Delta h_{II} = S_1^2\,/\,8h.$$

Деформация стригального цилиндра в процессе работы вызывает неровноту ворса по ширине ткани (неровнота вида III Δh_{III}). Наибольшее значение Δh_{III} имеет место в середине ткани:

$$\Delta h_{III} = y_{g\max}\,\frac{B^2}{(a_1-a_2)^2},$$

где $y_{g\max}$ - прогиб цилиндра в середине пролета между опорами; B - ширина ткани; a_1 и a_2 - расстояние от конца стригального цилиндра соответственно до первой и второй опоры цилиндра.

Для выполнения фасонной стрижки применяют шаблоны. Для пропуска шва ткани через стригальный аппарат во избежание пореза ткани используют специальные механизмы; в машинах, осуществляющих чистку ткани, осуществляют торможение стригального цилиндра противотоком.

Ширильные, сушильно-ширильные и сушильно-ширильно-стабилизационные машины. Ширильные машины предназначены для ширения ткани путем захвата ее кромок специальными устройствами в виде клуппных цепей и растягивания по ширине для придания ткани стандартных размеров и плотности. Процесс ширения на ряде ширильных машин совмещен с исправлением диагональных перекосов, сушкой и стабилизацией, в результате чего фиксируется стандартное состояние ткани, которая при этом разглаживается и приобретает красивый внешний вид. Существует большое количество однопольных и многопольных машин подобного типа различных модификаций, отличающихся вариантами совмещения технологических операций и технологической проводки ткани.

Ширильная цепная машина имеет две клуппные цепи, движущиеся по направляющим рамам и образующие цепное поле, которое делится на участки ввода, стабилизации и вывода ткани. На участке ввода ткани цепи сближены в начале и расходятся под углом к концу участка, чем обеспечивается ширение. На участке стабилизации цепи движутся параллельно для фиксации достигнутой ширины ткани. На участке вывода ткани цепи несколько сближаются к концу участка для снятия натяжения и выпуска ткани из клуппов без рывка.

По способу захвата ткани клуппы делятся на игольчатые, ножевые и комбинированные. У игольчатого клуппа (рис. 1.4.7, *а*) на площадке *1* в шахматном порядке закреплены два ряда игл *2*. Кромка ткани *3* насаживается на них с помощью специального механизма накалывания, работающего в сочетании с механизмом опережения. Опережение может варьироваться, на некоторых машинах оно достигает 40 %, что особенно необходимо в сушильно-ширильных машинах, позволяющих сушку и ширение совмещать с усадкой по длине ткани.

При захвате ткани ножевыми клуппами (рис. 1.4.7, *б*) кромка подается на столик *4*, соединенный с корпусом ножевого клуппа *5*. При этом специальным механизмом (отбойником) клапан *6*, край которого имеет стальную пластину, называемую ножом, отклоняется внутрь зева, и кромка ткани легко заводится под ролик *7*. В начале ширения ткани кромки выходят из-под ролика, освобождая прорезь в столике, в которую опускается ролик, а нож прижимает кромку к столику тем сильнее, чем больше натяжение ткани по ширине. Таким

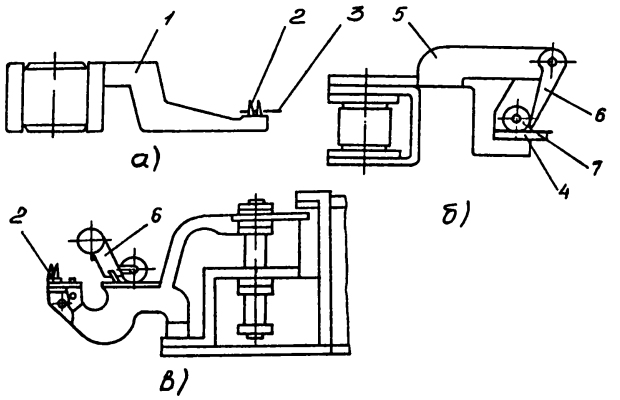


Рис. 1.4.7. Клуппы

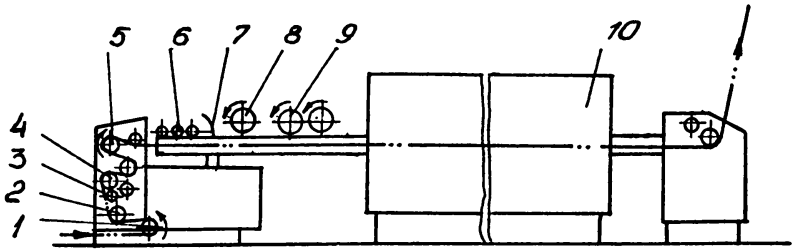


Рис. 1.4.8. Схема однопольной сушильно-ширильной машины

образом, кромки ткани прочно удерживаются в зажиме между столиком и ножевым клапаном клуппа. На выходе ткани из цепей отбойники снова поднимают ножи с роликами над столиком, освобождая кромку от зажима.

Для ширения и исправления диагональных перекосов хлопчатобумажных и льняных тканей применяют ширильные машины с ножевыми клуппами, а для ширения шелковых, шерстяных тканей и трикотажных полотен - машины с игольчатыми клуппами. Более универсальными являются машины с комбинированными клуппами (рис. 1.4.7, *в*), в которых совмещены ножевой *6* и игольчатый *2* захваты, но в работу включается один из них, а другой отводится в сторону.

Ширильные цепные машины типа ШЦ предназначены для ширения и исправления диагональных перекосов уточных нитей хлопчатобумажных и штапельных тканей. Машины состоят из заправочной стойки, увлажнительного устройства, сушильного барабана. Перекос уточных нитей устраняется с помощью двух дифференциальных редукторов, которыми по сигналу датчика обнаружения перекоса сообщается разная скорость клуппным цепям (правой и левой).

Сушильно-ширильные машины - ширильные машины, установленные в сушильных или стабилизационных камерах, осуществляют сушку тканей при одновременном их ширении. Современные сушильно-ширильные и сушильно-ширильно-стабилизационные машины в большинстве своем универсальны и в составе линий выполняют комплекс операций отделки: пропитывание, сушку, ширение по утку, усадку по основе, расправление, обрезку и проклейку кромок, исправление всех видов перекосов уточных нитей. Большинство сушильно-ширильных и сушильно-ширильно-стабилизационных машин - однопольные машины с игольчатыми, ножевыми и комбинированными клуппами, причем предпочтение отдается игольчатым клуппам.

В однопольной сушильно-ширильной машине цепная ширильная машина установлена в сушильной камере *10* с системой подогрева воздуха калориферами и обдува ткани (рис. 1.4.8). Ткань последовательно заправляется на тянульный вал *1*, расправляется на винтовых тканерасправителях *2* и *4*, между которыми находится перекосный ролик *3*, поступает на второй обрезиненный тянульный вал *5*, с помощью кромкорасправителей *6*, столика *7*, накалывающих *8* и докалывающих щеток *9* захватывается за кромки клуппной цепью ширильной машины и проводится через все секции сушильной камеры. Высушенная ткань подается на следующую машину или выборочное устройство.

Перед поступлением ткани на цепное поле положение кромок полотна контролируется электромеханическими или фотоэлектрическими кромконаблюдателями. При малейшем отклонении ткани в сторону или выходе кромок из цепей прибор подает команду электродвигателю, перемещающему направляющую параллель вместе с клуппной цепью на сближение с кромкой, после захвата которой двигатель переключается на обратное вращение, и параллель с клуппной цепью возвращается в исходное состояние. Тянульные валы *1* и *5* получают вращение через вариаторы скоростей, что позволяет регулировать натяжение полотна вдоль основы и скорость его подачи на цепное поле с опережением, которое может достигать 20 %.

Двусторонний сопловой обдув ткани в сушильно-ширильных машинах осуществляют осевые или центробежные вентиляторы. Боковое расположение вентиляторов в камере является наиболее оптимальным, в этом случае сокращается зона разрежения у внешних стенок сушильной камеры, что способствует уменьшению подсоса холодного воздуха и, кроме того, не загромождается доступ к внутренним частям машины.

Многопольные сушильно-ширильные машины предназначены главным образом для сушки тяжелых и шерстяных тканей с поверхностной плотностью до 900 г/м^2.

Однопольные сушильно-ширильно-стабилизационные машины отличаются наличием стабилизационных и охлаждающих камер, а также устройств для отвода газов, выделяющихся при термообработке тканей. Эти машины оснащены игольчатыми клуппными цепями. Во всех секциях, предназначенных для сушки и ширения, установлены паровые калориферы, нагревающие воздух до температуры 130 + 150 °С, а в секции для стабилизации - электрические калориферы, нагревающие воздух до температуры 200 + 250 °С.

Агрегирование сушильно-ширильных и сушильно-ширильно-стабилизационных машин с различными машинами для мокрой и сухой отделки позволяет создавать поточные линии с законченным циклом отделки, что отвечает требованиям современного производства.

Каландры. К оборудованию для отделки тканей относятся каландры - быстроходные автоматизированные валковые машины, выполненные с вертикальным расположением металлических обогреваемых и наборных эластичных валов, с регулируемой частотой вращения (рис. 1.4.9), которые работают индивидуально или в составе поточных линий. Наибольшее распространение получили двух- трехвальные каландры (рис. 1.4.9, *а, б*), на которых по сравнению с многовальными (рис. 1.4.9, *в*) качества отделки достигают путем

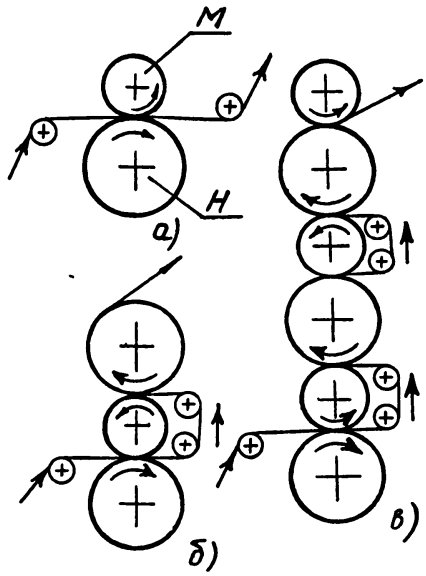


Рис. 1.4.9. Схемы каландров:
М **- металлический вал;** ***Н*** **- наборный вал**

интенсификации процессов обработки ткани. В результате каландрирования ткань, контактирующая с валами, под воздействием влаги, теплоты и давления уплотняется, разглаживается, становится более добротной, приобретает матовую, глянцевую или серебристую поверхность.

Каландры классифицируют по конструктивным и технологическим признакам: число и возможное сочетание валов (*М-Н, Н-Н*); вид механизмов прижима и привода; схема заправки ткани и способ каландрирования. Обычно каландр содержит валы, механизм их прижима, привод, остов, автомат пропуска швов и вспомогательные устройства (заправочные, выборочные, для обогрева и автоматического поддержания температуры металлического вала).

Обогреваемый металлический малопрогибный вал - основной рабочий орган каландра - изготовляют с паровым, газовым, электрическим или жидкостным обогревом (рис. 1.4.10). Система парового или жидкостного обогрева обеспечивает нагрев рабочей поверхности вала до температуры 180 ... 220 ± (1 ... 3) °С, а газового или электрического обогрева - перепад температур в рабочей зоне 4 ... 5 °С. Наиболее перспективен обогрев паром высокого давления (до 2,5 МПа), создаваемого электрическим парогенератором. Для предотвращения перегрева наборных валов в каландрах устанавливают металлические валы, охлаждаемые водой.

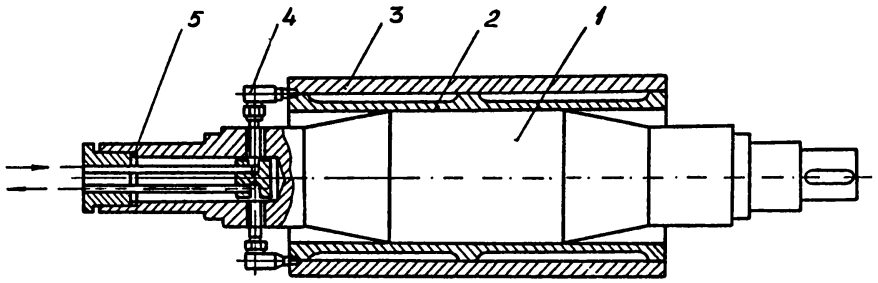


Рис. 1.4.10. Металлический обогреваемый вал:
1 - сердечник; *2, 3* - рубашки; *4* - устройство обогрева; *5* - уплотнения

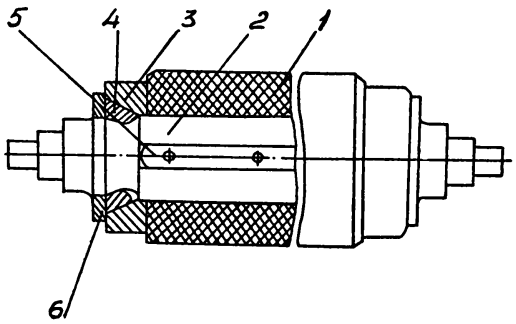


Рис. 1.4.11. Наборный вал

Наборные валы крепят с помощью плашек или гаек. На рис. 1.4.11 представлен наборный вал, на котором набор *1* удерживают на шипе *2* после прессования с помощью дисков *3* и разрезных плашек *4*. Шпонка *5* препятствует сдвигу набора по окружности, кольца *6* закрывают плашки с торца. Набор изготовляют из бумаги и шерсти (35 ... 70 %), хлопчатобумажных тканей (бязь, миткаль), непротекса, пластмассы и других материалов. Наборные валы диаметром 500 ... 600 мм долговечны в работе благодаря низкой цикличности и возможности многократной проточки набора. Валы прессуют на гидравлическом прессе с силой до $7 \cdot 10^3$ кН.

Гидропневматический механизм прижима валов создает распределенную нагрузку 150 ... 250 кН/м и взаимодействует с автоматом пропуска швов. Импульсный аккумулятор энергии предназначен для быстрого восстановления давления в жале при кратковременной разгрузке валов и повышения способности системы воспринимать ударные нагрузки. Привод обеспечивает надежную работу каландра в различных режимах и плавность проводки обрабатываемого материала в заданном диапазоне рабочих скоростей (20 ... 160 м/мин).

Каландры могут содержать электродвигатели постоянного или переменного тока, клиноременные и цепные передачи, редукторы, вариаторы, дифференциальные механизмы, цепные муфты и карданные валы. Привод фрикционного каландра КФ-180 включает (рис. 1.4.12): электродвигатель постоянного тока *1*, клиноременную передачу *2*, цилиндрический редуктор *3*, карданные *4* и рабочие *5* валы. Он создает опережение по скорости верхнего металлического вала *M* относительно эластичного вала *H*.

Дифференциальный механизм в отделочных каландрах выравнивает окружные скорости приводных валов и препятствует возникновению циркулирующей мощности. Система управления каландра с приводом от двигателей постоянного тока (по схеме тиристорный преобразователь - генератор) осуществляет плавное регулирование скорости в диапазоне 1 : 8 с помощью регуляторов напряжения и тока, обеспечивает три режима управления: заправки, работы, реверса. В каландрах последних модификаций предусмотрено: регулирование давления в жале валов; контроль давления масла в гидросистеме и сжатого воздуха в импульсном аккумуляторе, скорости движения и длины обработанной ткани; автоматическое сбрасывание и восстановление нагрузки в жале валов при прохождении шва; автоматическое регулирование и контроль температуры металлического вала; съем статического электричества.

Создание новых конструкций каландров связано: с повышением надежности их работы (наработка на отказ не менее 300 ч, улучшение качества покрытия эластичного вала со сроком службы не менее 24 мес.); обеспечением равномерности интенсивности распределенной нагрузки в жале по длине валов и ее увеличение до 250 ... 300 кН/м; повышением температуры нагрева поверхности металлического вала до 240 ... 320 °С; снижением энергозатрат, металлоемкости и улучшением качества отделки текстильных материалов.

Машины для контроля качества и измерения длины текстильных полотен. Контроль качества и измерение длины готовых тканей является процессом трудоемким и малопроизводительным. Для измерения длины полотна на машинах применяют измерительные элементы, многообразие которых может быть сведено к двум типам: катящийся по полотну

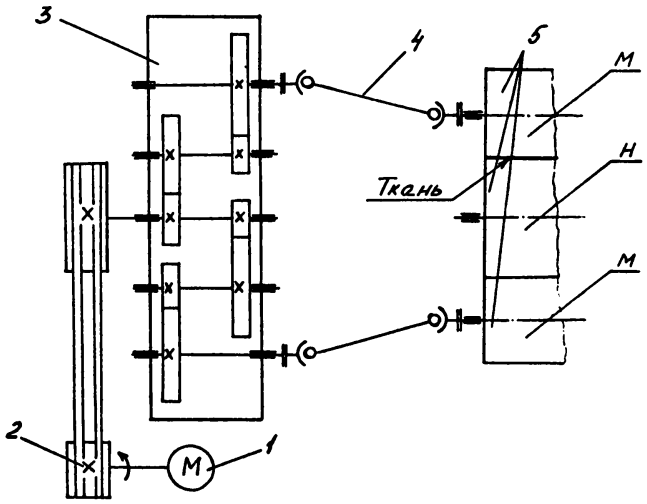


Рис. 1.4.12. Кинематическая схема привода фрикционного каландра

диск; огибаемый полотном вал или ролик. Для повышения точности измерения используют ряд специальных приемов: поверхности измерительных элементов, соприкасающихся с тканью, покрывают материалом с большим коэффициентом трения; натяжение полотна в зоне измерения длины уменьшают до минимально возможных значений; в механическую или электрическую цепь передачи показаний от измерительных элементов к счетчикам длины вводят устройства корректировки показаний счетчика, позволяющие устранить влияние особенностей того или иного вида ткани и элементов машины.

Контрольно-мерильная машина МКМ20 имеет 27 модификаций. Ткань *1* заправляют в машину согласно технологической схеме (рис. 1.4.13). Во время работы машины ткань проходит по направляющим роликам и благодаря особой системе их привода подходит к измерительному валу *2* с минимальным натяжением. При движении по смотровому столу *3* ткань подвергается визуальному контролю качества. Во время движения ткани механизм контроля проверяет соответствие ее ширины заданным пределам. Для улучшения

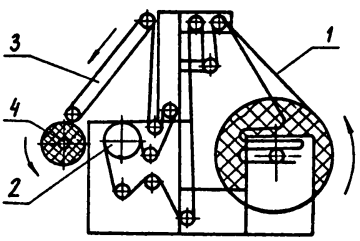


Рис. 1.4.13. Схема заправки контрольно-мерильной машины МКМ20

качества контроля смотровой стол выполнен из светотехнического стекла и снабжен индивидуальным светильником для оптимального (около 2000 лк) освещения рабочей зоны и устройством подсветки для просмотра ткани "на просвет".

Механизм накатки *4* для укладки ткани снабжен устройством для механизированной выгрузки рулона. На машине установлены тканенаправитель, блок электронной индикации показаний счетчиков длины (с корректирующим устройством и указателем ширины полотна), пульт управления приводом и микропроцессорный пульт контроллера. Скорость движения полотна регулируется плавно в пределах 4 ÷ 80 м/мин, рабочий диапазон скоростей визуального контроля 10 ÷ 18 м/мин для шерстяных тканей и 25 ÷ 45 м/мин для хлопчатобумажных. Погрешность измерения длины полотна на машинах типа МКМ20 составляет ±0,18 % для хлопчатобумажных и льняных тканей, ±0,25 % для хлопчатобумажных и шелковых тканей и ±0,3 % для шерстяных.

Контрольно-мерильные машины специального назначения выполняют с учетом особенностей обрабатываемого материала. Так, машина для контроля качества стеклоткани оснащена устройством для измерения провисания фона, автоматами натяжения полотна и дополнительным смотровым столом для одновременного контроля лицевой и изнаночной сторон полотна. Машины для контроля качества основовязаного и кругловязаного трикотажа имеют привод, обеспечивающий движение полотна по рабочим органам с минимальным натяжением, причем для кругловязаного полотна предусматривается установка внутрь специального ширителя, позволяющего контролировать полотно в расправленном состоянии.

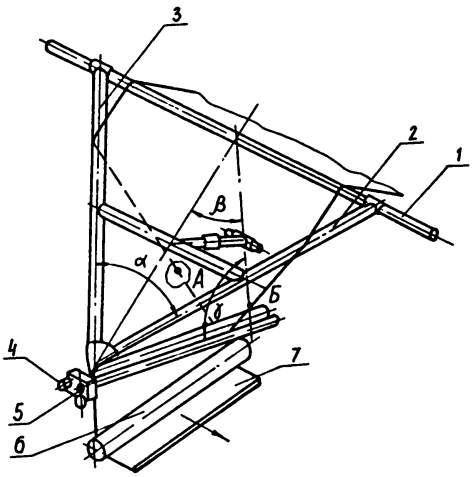


Рис. 1.4.14. Схема узла сдваивания полотна ткани на машинах типа МДН20

Автоматизированные системы контроля качества включают устройства лазерного сканирования поверхности полотна, измерения отраженного сигнала и оценки результатов измерений с помощью ЭВМ. Они позволяют контролировать качество ткани, движущейся со скоростью 150 ... 350 м/мин, т.е. на порядок выше скорости визуального контроля.

Широкие ткани перед накатыванием в рулон складываются вдвое - дублируются на мерильно-двоильно-накатных машинах, которые одновременно измеряют длину ткани в товарном куске, а затем формируют рулон. Эти машины марки МДН20 отличаются отсутствием смотрового стола и наличием узлов сдваивания. Узел сдваивания содержит сдваивающий клин, состоящий из стержней *1* - *3* с углом α в вершине клина (рис. 1.4.14). Плоскость клина наклонена под углом β к вертикальной плоскости, в которой горизонтально расположен стержень *1*. Под клином размещены направляющие стержни *4* и *5* (под углом γ к той же вертикальной плоскости) с зазором, необходимым для прохода сдвоенной ткани и швов. Направляющий ролик *6* направляет сдвоенное полотно к накатному устройству.

Сдваиваемая ткань *7*, пройдя по клину, перегибается стержнями *2* и *3* и в щель между стержнями *4* и *5* попадает уже сложенной вдвое. Так как полотно обычно перемещается не строго по центру машины, кромки его при сдваивании не совпадают. Это несовпадение устраняется тканенаправителями, установленными в зоне перемещения кромок полотна (в точках *А* и *Б*).

Чтобы ткань при сдваивании перемещалась без складок и заломов, каждая нить основы должна проходить в зоне сдваивания одинаковый путь. Это условие выполняется при соблюдении равенства

$$\sin^2\beta + 2\frac{\sin\beta}{\mathrm{tg}\gamma}(1-\cos\beta) = \mathrm{tg}^2\frac{\alpha}{2}.$$

1.4.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОКРОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Плюсовка. Это валковая пропиточная машина, предназначенная для дозированного нанесения технологических растворов на ткань и другие расправленные полотна из волокнистых материалов в процессах крашения и заключительной отделки. Основными узлами двухвальной плюсовки являются пропиточная ванна *4* и отжимное устройство (рис. 1.4.15). Полотно погружается в ванну, заполненную технологическим раствором, а затем отжимается в жале валов. Длительность обработки определяется длиной заправленного полотна (пути пропитки) и скоростью его движения.

Качество пропитки характеризуется глубиной и равномерностью проникновения раствора в капиллярно-пористую структуру полотна и зависит от свойств волокнистого материала и жидкости, характера их взаимодействия и условий обработки. Ускорение массообмена достигается повышением смачивающей способности раствора, его температуры, гидрофильности обрабатываемого полотна. Длительность процесса варьируется от долей секунды до десятков секунд. Поэтому в ряде случаев длина пути пропитки в двухвальной плюсовке оказывается недостаточной. При необходимости увеличения времени пропитки последовательно устанавливают две двухвальные плюсовки или применяют трехвальную. При этом дополнительный отжим полотна интенсифицирует проникновение раствора в его структуру, поскольку жало валов создает сильный поток жидкости навстречу движению полотна.

Существенно интенсифицировать пропитку можно удалением воздуха из полотна непосредственно перед погружением его в технологический раствор запариванием или вакуумированием. Глубокое вакуумирование обеспечивает полную пропитку самых плотных и толстых тканей за доли секунды.

Количество наносимого на полотно красителя или аппрета зависит от концентрации технологического раствора и степени обезвоживания. Применение усиленного отжима и соответственно повышенной концентрации раствора позволяет сократить расход материалов, снизить затраты энергии при последующей тепловой обработке. В ряде случаев улучшается качество отделки полотен, например, в

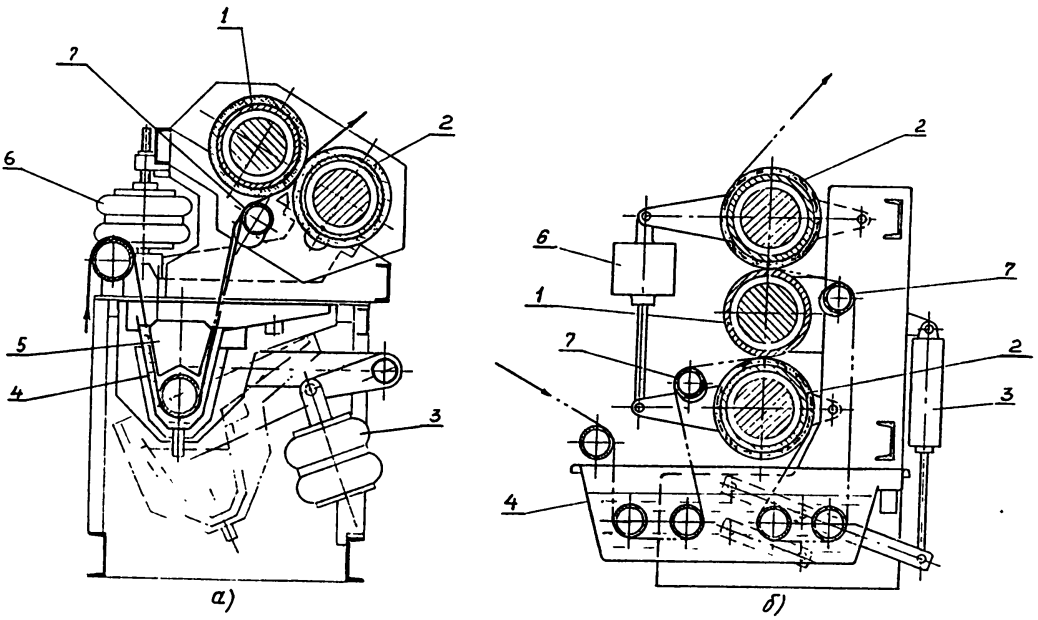


Рис. 1.4.15. Плюсовка:
а - двухвальная; *б* - трехвальная;
1 - отжимной приводной вал; *2* - отжимной прижимной вал; *3* - пневмосиловая камера механизма перемещения ванны; *4* - пропиточная ванна; *5* - съемный вытеснитель раствора; *6* - пневмосиловая камера механизма прижима валов; *7* - тканерасправитель

результате предотвращения миграции нанесенного раствора. Снижение остаточной влажности пропитанных полотен обеспечивается возможностью применения твердых и высокопрочных синтетических покрытий для отжимных валов.

Повышение степени отжима одновременно увеличивает неравномерность распределения нагрузки в жале валов, а следовательно, неравномерность распределения раствора по ширине полотна. Между тем изменение влажности полотна на 2 % создает при крашении визуально заметное изменение цветового оттенка. Поэтому усилению отжима должно предшествовать совершенствование конструкций отжимных валов и системы их нагружения, обеспечивающее снижение суммарных деформаций рабочих поверхностей смежных валов.

В связи с трудностью достижения малой неравномерности отжима, особенно в процессе крашения, наряду с отжимными валами нерегулируемых конструкций в плюсовках все чаще применяют валы с управляемой деформацией рабочей поверхности. Они позволяют корректировать работу отжимного устройства, оперативно устранять дефекты пропитки полотен, связанные как с различием деформаций смежных валов, так и с особенностями обрабатываемых полотен (например, утолщенными кромками).

В отжимном устройстве с регулируемой неравномерностью отжима, представленном на рис. 1.4.16, управление деформацией стальной рубашки одного из валов осуществляется пневмоцилиндром двустороннего действия, воздействующим на внешние края рубашки через подвижно закрепленные в ней кольца. Увеличение (или снижение) нагрузки на края рубашки приводит к различию влажности полотна у его кромок и посередине. В процессе регулирования суммарные силы прижима валов и приложенные к цапфам остаются неизменными.

Широкие возможности регулирования влажности по ширине полотна создаются при нагружении вала несколькими прижимными устройствами, расположенными внутри рубашки на различных участках ее номинальной ширины и действующими независимо друг от друга (рис. 1.4.17). Тонкостенная рубашка *2* с эластичным покрытием через игольчатые тела вращения *4* опирается на внутренние кольца *3*, образуя с ними многорядный игольчатый подшипник, ширина которого лишь немного меньше ширины вала. Кольца в свою очередь опираются на силовые пневмокамеры, размещенные на неподвижном центральном стержне со стороны жала валов и с противополож-

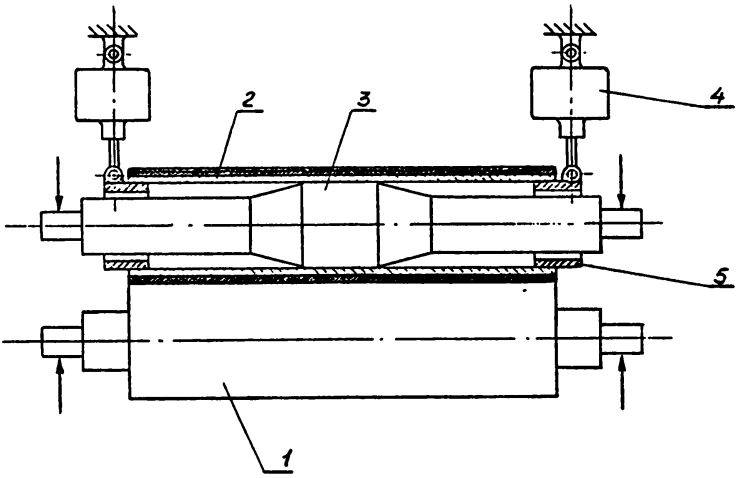


Рис. 1.4.16. Отжимное устройство с регулируемой неравномерностью отжима (стрелками показаны направления действия сил):
1 - отжимной вал нерегулируемой конструкции; *2* - стальная рубашка с эластичным покрытием; *3* - стержень вала с регулируемой деформацией рубашки; *4* - пневмоцилиндр двустороннего действия; *5* - кольцо, подвижно закрепленное в рубашке

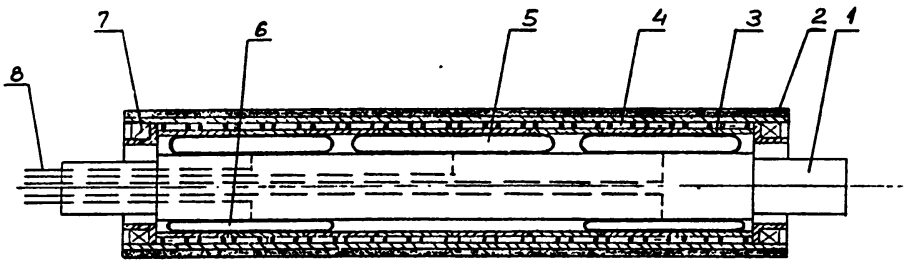


Рис. 1.4.17. Вал с управляемой деформацией рабочей поверхности:
1 - стержень вала; *2* - тонкостенная рубашка с эластичным покрытием; *3* - внутреннее кольцо; *4* - игольчатое тело вращения; *5* - пневмокамера, прижимающая рубашку к смежному валу; *6* - пневмокамера, отводящая рубашку от смежного вала; *7* - подшипник, удерживающий рубашку и внутренние кольца от осевого смещения; *8* - шланг подачи сжатого воздуха в пневмокамеру

ной стороны. Каждая пневмокамера подключена к пневмопульту машины самостоятельным шлангом *8*. Пневмокамеры осуществляют как прижим рубашки к смежному валу, так и отвод ее с образованием зазора для заправки полотна. Таким образом исключается применение внешнего рычажного механизма для прижима валов. Независимое регулирование давление воздуха в каждой пневмокамере позволяет в широком диапазоне изменять характер распределения нагрузки в жале валов, а следовательно, управлять неравномерностью отжима по ширине полотна.

Валы с принудительным регулированием деформации рабочей поверхности расширяют технологические возможности управления качеством пропитки полотен. С увеличением элементов регулирования одновременно усложняются наладка и управление работой плюсовки, затрудняется воспроизведение ранее найденного оптимального режима обработки для конкретного вида полотна. Поэтому использование таких валов требует оснащения плюсовки датчиками высокой влажности и компьютерным устройством, позволяющим накапливать данные об оптимальных параметрах процесса пропитки и воспроизводить их.

Основные конструктивные и технологические параметры плюсовок приведены в табл. 1.4.2.

1.4.2. Конструктивные и технологические параметры плюсовок

Параметр	Двухвальной		Трехвальной
	красильная	аппретирующая	
Твердость покрытия по Шору А	70 ÷ 90	80 ÷ 95	70 ÷ 90
Число валов с покрытием	Два	Один или два	Два или три
Интенсивность распределенной нагрузки в жале валов, кН/м	50 ÷ 70	50 ÷ 70	40 ÷ 60
Влажность после отжима хлопчатобумажной отбеленной ткани с поверхностной плотностью 100 г/м^2, %	70 ÷ 90	65 ÷ 80	75 ÷ 95
Неравномерность влажности по ширине полотна, %	1,5 ÷ 2	4 ÷ 5	2 ÷ 5
Объем ванны, л/м, номинальной ширины	12 ÷ 150	50 ÷ 150	100 ÷ 200
Длина пути пропитки полотна, м	0,7 ÷ 2	0,7 ÷ 2	2 ÷ 4

Примечание. Диаметр отжимного вала 250 ÷ 350 мм; материал покрытия - резина, полиуретан.

Расположение валов в плюсовке выбирается с учетом удобства обслуживания машины (заправка полотна, наблюдение за его движением, чистка машины), обеспечения механизированного монтажа и демонтажа валов, рационального отвода отжимаемой жидкости. При горизонтальном расположении валов создаются лучшие условия для отвода жидкости, а при вертикальном - худшие (увеличение остаточной влажности полотна).

В связи с разнообразием технологических требований в плюсовках применяют ванны различных модификаций и объемов с переливным устройством для удаления пены и избытка технологического раствора, сливным устройством, датчиками температуры и уровня, устройствами дозированной подачи раствора. Часть стенок ванн дополняется наружной "рубашкой", позволяющей осуществлять обогрев раствора паром или горячей водой. Для удобства обслуживания предусматривается механизированное опускание ванн. При этом сохраняется неизменным положение роликов ванны, поскольку их подшипники крепятся в кронштейнах рамы машины.

Ванны малого объема снабжают съемными вытеснителями раствора - установленными друг над другом перекатными роликами. Это позволяет совместить малый объем раствора с увеличенной длиной заправки полотна, незначительно интенсифицировать пропитку за счет прожима жидкости через полотно при набегании его на поверхность ролика.

Промывные и пропиточные роликовые машины. В этих машинах текстильное полотно в процессе жидкостной обработки (промывки, пропитки) транспортируется в расправленном виде петлеобразно по двум или более рядам роликов. Наибольшее применение они получили для обработки тканей с устойчивой структурой, поскольку продольное натяжение транспортирования превышает 50 ÷ 120 Н. Существующие машины делят на два типа: с вертикальной и горизонтальной заправкой ткани.

В машине с вертикальной заправкой ткани в зоне обработки ткань движется по двум рядам роликов (рис. 1.4.18): направляющих *7*, установленных непосредственно в ванне *1*, и приводных *3*. Для уменьшения испарения и тепловых потерь ванна сверху закрыта шатром *2*, а боковые стенки ее - теплоизоляционными щитами. Перед отжимными валами *4* ткань расправляется и натягивается по ширине расправителем *5*. Прижим валов осуществляется с помощью пневматических диафрагменных камер. Нижний вал - приводной, с металлической рубашкой, верхний - прижимной, имеет резиновое покрытие. Рычажно-роликовый пневмокомпенсатор *6* создает

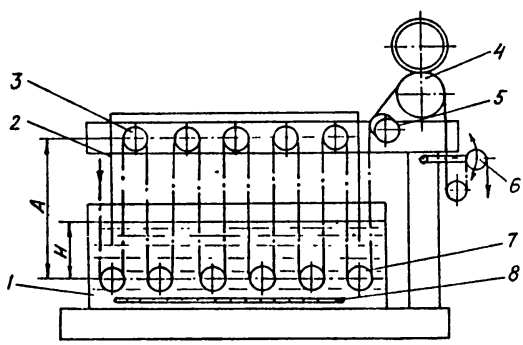


Рис. 1.4.18. Схема промывной роликовой машины с вертикальной заправкой ткани

необходимый запас ткани и продольное натяжение ее перед поступлением в следующую машину, а также осуществляет управление приводом машины - обеспечивает согласование скоростей агрегированных машин. В промывных машинах жидкость нагревается острым паром, подаваемым в ванну через перфорированную трубу *8*; пропиточные машины обогреваются глухим паром и при необходимости оснащаются датчиками уровня, температуры и концентрации рабочего раствора. Тепловой расчет выполняется на основе баланса теплоты.

Важнейшими параметрами машины являются длина L заправки ткани, время t ее пребывания в машине и t_1 в жидкости:

$$L = n\,(2A + \pi D);\ t = \frac{n(2A + \pi D)}{v};$$

$$t_1 = \frac{n(2H + 0{,}5\pi D)}{v}.$$

Машины такого типа имеют следующие параметры: длину заправки L = 8 ÷ 15 м, номинальную ширину B = 1,2 ÷ 2,4 м, число нижних роликов n = 4 ÷ 8, A = 0,8 ÷ 1,0 м, уровень жидкости в ванне H = 0,1 ÷ 0,5 м, диаметр роликов D = 0,1 ÷ 0,15 м, удельный расход воды в наиболее экономичных промывных машинах 3 ÷ 6 л на 1 кг ткани. Максимальные скорости машин v≤ 120 ÷ 150 м/мин. Промывная машина Cyclon Jet фирмы Реджиани (Италия) имеет систему принудительной подачи жидкости через спрыски, что позволило избавиться от полного погружения роликов в жидкость. Благодаря увеличению диаметра роликов до 0,15 м, высокой точности их изготовления, применению регулируемого привода роликов эта машина может работать со скоростью v ≤ 200 м/мин.

Для уменьшения натяжения ткани и управления им современные машины оснащены регулируемыми приводами двух типов: с регулированием частоты вращения приводных роликов и регулированием движущего момента на ролике. В первом случае управление осуществляют изменением передаточного отношения между валами *4* и роликами *3* с помощью клиноременного вариатора в машинах фирмы Амдес (Франция). Более широко применяется регулируемый по моменту привод: с фрикционными дисковыми муфтами машины фирмы Беннингер (Швейцария), промывные и пропиточные типа ВЦМ и ВЦП объединения Ивтекмаш; с гидромуфтами - фирмы Меццери (Италия), Вакаяма (Япония); с моментными электродвигателями - фирмы Киото (Япония).

Во фрикционном регулируемом по моменту приводе роликов (рис. 1.4.19) ведущие части муфт *3* вращаются с опережением 10 ÷ 18 % по отношению к ведомым *4*, которые передают движущий момент на ролики *2*. Этот момент регулируется изменением силы прижима дисков муфты, создаваемой пружинным или пневматическим устройством. Передача движения на ролики осуществляется от отжимных валов *1*, приводимых электродвигателем постоянного тока через редуктор.

Заданное компенсатором на входе в машину натяжение ткани сохраняется в точках сбегания с приводных роликов, если движущий момент на них $M = 0{,}5\Delta TD$ (где D - диаметр приводного ролика, ΔT - полное сопротивление движению ткани между смежными приводными роликами). Для машин с вертикальной заправкой (см. рис. 1.4.18) и B = 1,2 ÷ 1,4 м, H = 0,2 ÷ 0,35 м, A = 0,8 ÷ 0,9 м, D = 0,1 ÷ 0,13 м, v = 0,5 ÷ 2,0 м/с $\Delta T = K\,(v^2 + 0{,}95)B_т^{0,5}$ (где K = 8,7 ÷ 9,4; $B_т$ - ширина ткани, м). Большие значения K имеет для тяжелых тканей, меньших значений B, H, D и больших A.

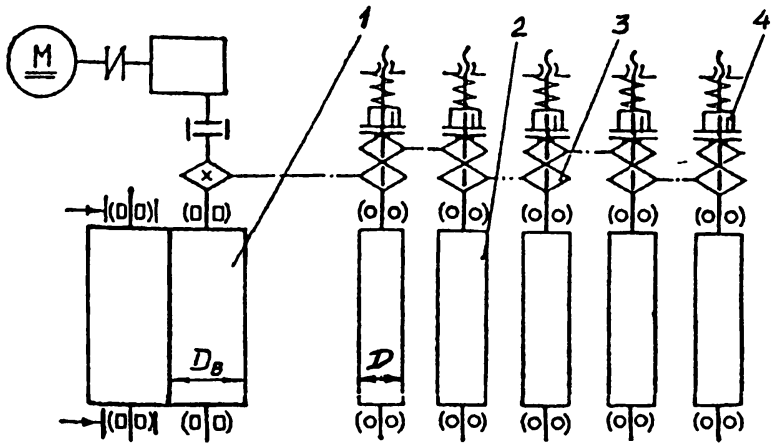


Рис. 1.4.19. Кинематическая схема привода промывной роликовой машины

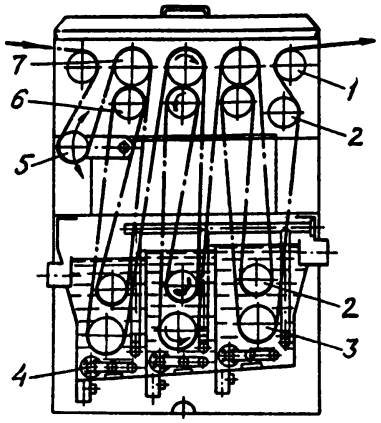


Рис. 1.4.20. Схема промывной роликовой машины фирмы Кляйневеферс с заправкой "петля в петле": *1* **- расправитель;** *2, 3* **- направляющие ролики;** *4* **- обогреватель;** *5* **- компенсатор;** *6* **- приводной ролик;** *7* **- прижимной ролик**

Равномерный отжим ткани по ширине обеспечивается, если суммарный прогиб двух отжимных валов, один из которых имеет резиновое покрытие, не превышает 0,15 + 0,3 мм. Меньшие значения прогиба принимают для вала с большой твердостью резинового покрытия и при высоких требованиях к равномерности отжима ткани по ширине.

С целью увеличения длины заправки и времени обработки ткани в машине фирмы Бругман (Голландия), Менцель, Кляйневеферс (Германия), Беннингер, Мецдера применяют заправку "петля в петле" (рис. 1.4.20). При заправке по чётырем рядам роликов длина ткани возрастает почти в 1,8 раза, а при увеличении расстояния между рядами и установке дополнительно поддерживающих прутков или роликов - повышается более чем в 3 раза. Однако при этом заметно увеличивается металлоемкость машины, ухудшаются условия обслуживания, повышается сопротивление движению и натяжение ткани.

Для снижения расхода воды и повышения производительности машины используют следующие способы и средства интенсификации промывки: противоток жидкости в ванне, циркуляцию жидкости с подачей ее через спрыски на ткань, ребристые ролики, вызывающие поперечные колебания ткани и турбулизацию жидкости в ванне, каскадное движение жидкости и промежутные отжимы.

Промывная машина с горизонтальной заправкой ткани (рис. 1.4.21) состоит из ванны *4* малого объема, корпуса *1* с двумя рядами роликов (приводных *5* и направляющих *3*), дугового расправителя *7*, двухвального отжимного устройства *8*, рычажно-роликового компенсатора *2*, системы циркуляции жидкости и

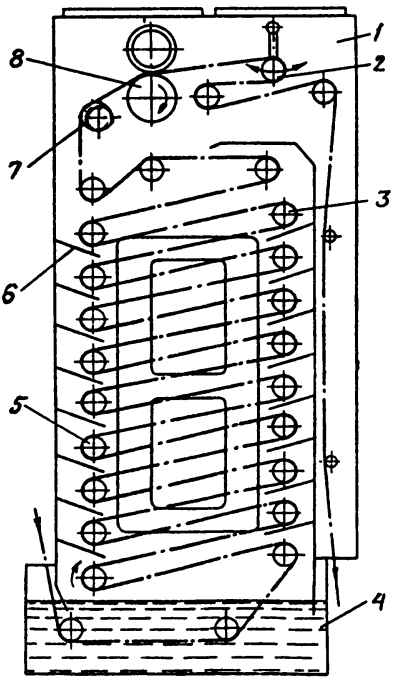


Рис. 1.4.21. Схема промывной роликовой машины ВМБ-140 с горизонтальной заправкой ткани объединения Ивтекмаш

лотков *6* для организации противотока жидкости. Фрикционный регулируемый привод роликов обеспечивает транспортирование ткани с технологически необходимым натяжением. Жидкость из ванны (и чистая вода) подается орошающим устройством на верхние петли ткани, стекает по наклонным ветвям и лоткам вниз, собираясь в ванне. Нагрев жидкости комбинированный - острым и глухим паром. При горизонтальной проводке ткани в машине такого типа за счет возрастания высоты корпуса *1* увеличена длина заправки, обеспечивается непрерывное интенсивное воздействие жидкости на ткань, устойчивое прохождение ткани с относительно малым технологическим сопротивлением и продольным натяжением даже при больших скоростях. Машина герметизирована - на входе и выходе ткани предусмотрены гидрозатворы. Паровая среда над ванной обеспечивает промывку при температуре до 100 °С. Благодаря этому и установке отжима *8* в верхней части корпуса при агрегировании нескольких машин происходит промывка без соприкосновения ткани с окружающей средой, интенсифицируется процесс массообмена, уменьшаются тепловые потери, улучшаются условия работы обслуживающего персонала. Высокая промывная способность машины позволяет сократить удельный расход

жидкости, а рациональная компоновка - уменьшить в 2 - 3 раза площадь, занимаемую промывным оборудованием.

Направлениями совершенствования промывных машин с горизонтальной заправкой ткани являются: создание устойчивых систем противотока жидкости с равномерным распределением ее по ветвям и особенно по ширине полотна; нахождение эффективных технических средств интенсификации промывки; создание надежного привода (с улучшенными динамическими характеристиками роликов, облегченных, динамически уравновешенных, с радиальным биением не более 0,1 ÷ 0,2 мм), обеспечивающего устойчивое транспортирование различных и, прежде всего, широких тканей с технологически необходимым натяжением при скорости до 200 ÷ 250 м/мин; создание экономичных машин, работающих при температуре выше 100 °С.

Джигер. Эта красильная роликовая машина периодического действия предназначена для влажно-тепловой обработки (отварки, беления, крашения, промывки и т.п.) тканей в виде расправленного полотна из различных волокон. Машина содержит товарные валы *1* и *2*, ванну *5*, направляющие ролики *4* и расправители *3* (рис. 1.4.22, *а*). Ткань *6* при вращении валов *1* и *2* проходит через находящийся в ванне раствор, перематываясь с рулона на рулон. Число проходов зависит от требований технологического процесса (4 - 20).

Ванна джигера имеет сравнительно небольшой объем, что позволяет работать с малым модулем (1:4 ÷ 1:8) и экономно расходовать химикаты. Ванну обогревают сухим или острым паром, поддерживая в ней заданную температуру жидкости с помощью терморегуляторов, и снабжают дополнительным сосудом для подготовки рабочих растворов и насосом для их перекачки в ванну и обратно. Установленные между ванной *5* и товарными валами *1* и *2* расправители *3* обеспечивают обработку полотна без складок и заломов.

Привод первых конструкций джигеров предусматривал передачу вращения от трансмиссии с помощью зубчатых или фрикционных передач тому товарному валу, на который наматывалась ткань, а направление вращения изменялось кулачковыми муфтами. Натяжение ткани создавалось торможением того товарного вала, с которого ткань сматывалась. Вследствие непрерывного изменения диаметров рулонов при перемотке полотна скорость и натяжение его изменялись в пределах, зависящих от изменения диаметров, что приводило к неравномерности окраски. Поэтому в современных джигерах применяют специальные приводы, обеспечивающие почти постоянную скорость движения и мало изменяющееся натяжение ткани. Это обеспечивается с помощью механической, электрической или гидравлической дифференциальной передачи, соединяющей оба товарных вала с приводом.

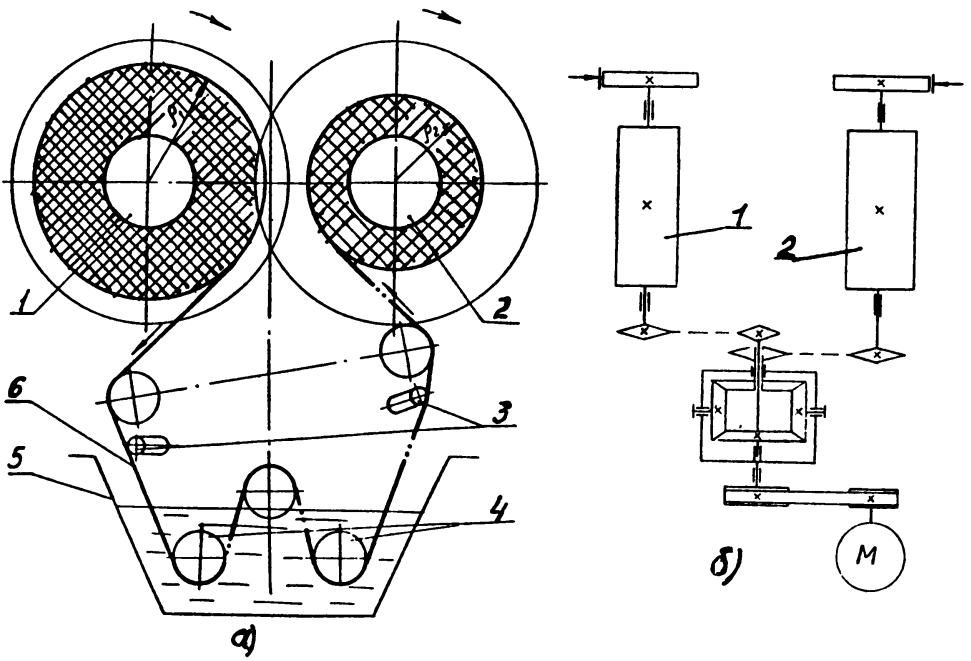


Рис. 1.4.22. Схемы джигера (*а*) и его привода (*б*) с механическим дифференциалом

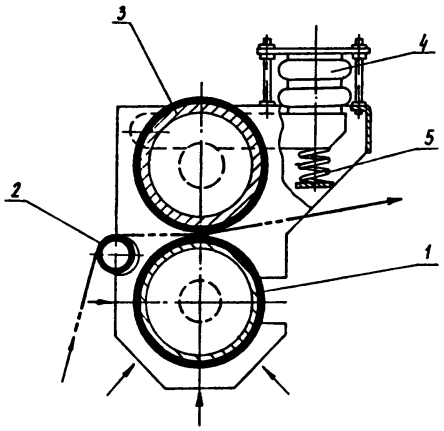


Рис. 1.4.23. Схема отжимного устройства (стрелками показаны места возможного крепления): *1, 3* - отжимной вал соответственно приводной и прижимной; *2* - тканерасправитель; *4* - пневмосиловая камера; *5* - пружина

В простейшем приводе с механическим дифференциалом вращение от электродвигателя *M* передается водилу дифференциала (рис. 1.4.22, *б*), а выходные валы дифференциала передают вращение товарным валам *1* и *2*. Поскольку рулоны на валах *1* и *2* связаны между собой полотном ткани, скорость их вращения автоматически устанавливается пропорциональной скорости движения ткани и обратно пропорциональной радиусам рулонов на валах *1* и *2*.

Джигеры различных модификаций имеют скорость движения полотна (задается и поддерживается постоянной) 5 ÷ 150 м/мин, а натяжение 10 ÷ 600 Н. Ванну и рулоны с тканью закрывают шатром, предохраняющим ткань от остывания и препятствующим выделению пара в помещение. Шатер содержит застекленные дверцы, через которые обрабатываемое полотно проводят в машину и из машины при заправке и выборке и визуально контролируют процесс обработки. Иногда вместо шатра технологическую зону джигера помещают в автоклав, обработку полотна в котором проводят под давлением выше атмосферного и температуре выше 100 °С. Автоклавный джигер применяют очень редко, так как он более громоздок и трудоемок в обслуживании, чем джигер с шатром.

Технологический процесс в современных джигерах в основном автоматизирован. Он контролируется и управляется микропроцессорной системой, обеспечивающей управление параметрами технологического процесса, необходимое количество проходов полотна через ванну на каждой из операций, подачу (полную или частичную) красителей и др.

В зависимости от вида обрабатываемых тканей (трикотаж, легкие шелковые и синтетические полотна, тяжелые ткани) наибольший диаметр рулона в джигерах составляет 300 ÷ 1400 мм. Возможность обработки рулонов большого диаметра способствует значительному увеличению производительности джигера.

Отжимное устройство (отжим). Механическое удаление влаги (грубокапиллярной, свободно обволакивающей волокна и нити) из текстильного полотна в устройстве происходит одновременно с его транспортированием.

Универсальное отжимное устройство содержит два отжимных вала *1, 3* с эластичным покрытием (на одном или двух) из резины или синтетического материала (рис. 1.4.23). Распределенная нагрузка в жале валов создается с помощью пневмосиловых камер *4* сильфонного типа (резинокордных оболочек). Эти камеры не имеют узлов трения и поэтому по сравнению с поршневыми или мембранными позволяют более точно поддерживать заданное нагружение цапф отжимных валов. Четыре места крепления обеспечивают удобство припасовки отжима к технологической машине, позволяют располагать отжимные валы в вертикальном, наклонном или горизонтальном положении.

На результат обезвоживания полотна влияют: интенсивность распределенной нагрузки в жале валов; диаметры отжимных валов, твердость и толщина эластичного покрытия, определяющие ширину площадки контакта валов; условия отвода отжимаемой жидкости от жала (лучшие условия - при горизонтальном расположении валов, худшие - при вертикальном); температура отжимаемой жидкости (с ростом температуры эффект отжима увеличивается); вязкость отжимаемой жидкости (с увеличением вязкости эффект отжима снижается); скорость обработки (с увеличением скорости эффект отжима снижается); вид и свойства полотна, состояние его отделки.

Основные конструктивные и технологические параметры отжимных устройств приведены в табл. 1.4.3.

Совершенствование отжимных устройств во многом определяется созданием новых высокопрочных синтетических материалов, позволяющих применить более твердые и тонкие покрытия валов, а также увеличить распределенную нагрузку в жале. Так, замена эластичного покрытия из резины толщиной 15 мм (твердость 80 по Шору *А*) полиуретановым толщиной 8 мм (твердость 90 по Шору *А*) позволила снизить остаточное влагосодержание обрабатываемых хлопчатобумажных тканей с 75 до 55 %.

Применение твердых покрытий и повышенных нагрузок требует одновременного увеличения прочности и жесткости отжимных валов. При этом диаметр и конструкция валов определяются не только требованиями

1.4.3. Конструктивные и технологические параметры отжимных устройств

Параметр	Отжим				
	промежуточный	усиленный	аппретирующей плюсовки	красильной плюсовки	с наборным валом
Диаметр отжимного вала, мм	200 ÷ 260	250 ÷ 350	250 ÷ 350	250 ÷ 350	150 ÷ 180
Материал покрытия	Резина	Резина, полиуретан			Нетканый материал
Твердость покрытия по Шору *А*	70 ÷ 80	80 ÷ 95	80 ÷ 95	70 ÷ 90	-
Интенсивность распределенной нагрузки в жале валов, кН/м	10 ÷ 30	50 ÷ 70	50 ÷ 70	50 ÷ 70	30 ÷ 50
Влажность после отжима х/б ткани, отбеленной с поверхностной плотностью 100 г/м^2, %	90 ÷ 120	65 ÷ 80	65 ÷ 80	70 ÷ 90	55 ÷ 75
Неравномерность влажности по ширине полотна, %	5 ÷ 7	4 ÷ 6	4 ÷ 5	1,5 ÷ 2	5 ÷ 7

1.4.4. Допускаемые деформации рабочей поверхности отжимного вала

Отжим	Неравномерность отжима, %	Число валов с покрытием	Допускаемая деформация, мм, при распределенной нагрузке, кН/м		
			30	40	50
Усиленный	5	1	0,04	0,045	0,05
Аппретирующей плюсовки	4	1	0,03	0,035	0,04
		2	0,05	0,06	0,07
Красильной плюсовки	2	2	0,03	0,035	0,04

прочности, но и необходимостью ограничения деформаций стальных рубашек валов с целью обеспечения малой неравномерности отжима по ширине полотна. Неравномерность отжима зависит от конструктивных параметров валов, нагрузки, твердости и толщины эластичных покрытий, а иногда и от особенностей обрабатываемого полотна, например толщины кромок.

В табл. 1.4.4 приведены результаты расчета, выполненного по материалам исследования деформаций рубашек валов диаметром 265 мм без покрытия и 320 мм с покрытием из полиуретана твердостью 92 по Шору *А*.

При меньшей твердости покрытия допуск увеличивается, а при меньшей толщине - уменьшается. Жесткое ограничение деформаций рабочих поверхностей представляет основную трудность при разработке конструкции отжимных валов. Для сопоставления и последовательной оптимизации возможных вариантов целесообразно построение совмещенных эпюр деформаций парных валов с учетом их поперечного изгиба и сплющивания (искажения формы поперечного сечения) рубашек под действием распределенной нагрузки в жале. Решение задачи находят в совершенствовании конструкций валов, в составлении отжимных пар из валов неодинаковой конструкции. Для применения в технологических процессах, особо чувствительных к неравномерности отжима (например, в термозольном крашении), все чаще разрабатывают валы с управляемой деформацией рабочей поверхности.

Повышение эффективности обезвоживания полотен возможно благодаря применению вала с пористым покрытием (рис. 1.4.24). Такое покрытие создается в результате набора на центральный стержень *2* с последующим прессованием колец нетканого материала из полиамидных или полиэфирных волокон со специальной пропиткой. В жале валов отжимного устройства из пор покрытия выжимаются содержащиеся в нем жидкость и воздух. Расширение покрытия при выходе из жала сопро-

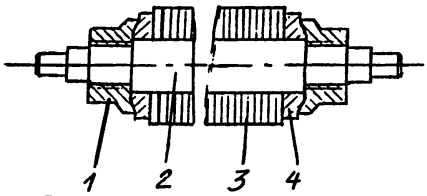


Рис. 1.4.24. Наборный отжимной вал:
1 - гайка; *2* - центральный стержень; *3* - набор из нетканного материала; *4* - фланец

вождается возникновением вакуума в его порах и дополнительным отсосом жидкости из отжимаемого полотна. Применение таких валов вместо обрезиненных позволяет сэкономить до 20 % энергии, расходуемой на сушку. В процессе эксплуатации этот эффект обезвоживания снижается в связи с засорением и закупоркой пор покрытия.

Отжимное устройство с наборным валом выполняют трехвальным: вал без покрытия - наборный вал - вал с покрытием из полиуретана. Отжимаемое полотно заправляется в жало первых двух валов, третий служит для защиты среднего вала от изгиба и передачи нагрузки от пневмосилового механизма. Эластичное покрытие третьего вала смягчает ударные нагрузки от проходящих швов. На рис. 1.4.25 показан вариант отжимной машины (водяного каландра) на основе отжимного устройства с наборным валом.

Оборудование для печатания текстильных материалов. Печатная машина предназначена для нанесения печатной краски на текстильный материал в соответствии с рисунком.

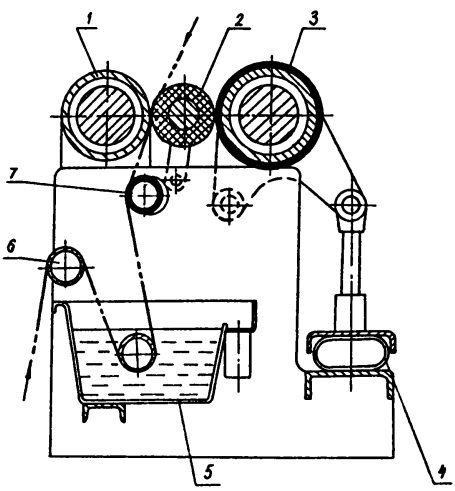


Рис. 1.4.25. Схема отжимной машины с наборным валом:
1, 2 - отжимной вал соответственно приводной и наборный; *3* - прижимной вал; *4* - пневмосиловая камера; *5* - ванна; *6* - перекатной ролик; *7* - тканерасправитель

Наиболее широкое применение получили следующие типы печатных машин: с гравированными валами, с сетчатыми шаблонами, для переводной печати.

Ротационные печатные машины с гравировальными валами применяют для непрерывного печатания тканей с малоподвижной структурой (рис. 1.4.26, *а*). Печатные валы *6* с углубленной гравюрой располагаются вокруг грузовика *4*, имеющего упругое покрытие (лапинг) *5*, и прижимаются к нему со значительным усилием, необходимым для переноса краски с гравюры на ткань. Печатный вал состоит из стального шпинделя, на который напрессована медная гравированная рубашка. Для повышения износо- и химической стойкости рубашку хромируют. Загущенная печатная краска, находящаяся в ванне *9*, наносится на печатный вал цилиндрической щеткой или обрезиненным валиком *8*. К печатному валу прижимается тонкая острозаточенная стальная пластина - ракля *7*, которая удаляет краску с поверхности рубашки, оставляя ее только в гравюре. С противоположной стороны установлена контрракля *10*, которая удаляет с рубашки печатного вала пух и оттиски краски с напечатанной ткани. Обрабатываемая ткань *3* накладывается на чехол *2*, а последний на кирзу *1*. Чехол необходим для вбирания излишка краски, проходящей через ткань, кирза защищает лапинг от загрязнения краской, улучшает условия печатания и транспортирования ткани из печатной машины с малым натяжением.

Привод печатной машины (рис. 1.4.26, *б*) осуществляется от двигателя постоянного тока *11* через редуктор *12*, зубчатые пары *13*, от которых движение передается механизмам окружного трафления и на печатные валы *14*. Грузовик *15* приводится во вращение всеми печатными валами *14*. Асинхронный двигатель *18* через червячный редуктор *20*, эксцентрик *19*, преобразующий вращательное движение в возвратно-поступательное перемещение диска *17*, приводит в движение ракли, соединенные тягами *16* с диском *17*. Осевое перемещение раклей необходимо для равномерного заполнения гравюры краской, исключения неравномерного изнашивания рубашки, гравюры печатного вала и самой ракли. Толщина ракли 0,5 ... 0,75 мм (в зависимости от рисунка). Число двойных ходов ракли в минуту 20 - 25.

Совмещение элементов рисунка достигается осевым и окружным трафлением печатных валов: осевое трафление - аксиальное перемещение печатного вала с помощью винтовой пары; окружное трафление - дополнительный поворот печатного вала вокруг его оси, что обеспечивается индивидуальным механизмом окружного трафления, представляющим планетарный механизм с дистанционным управлением.

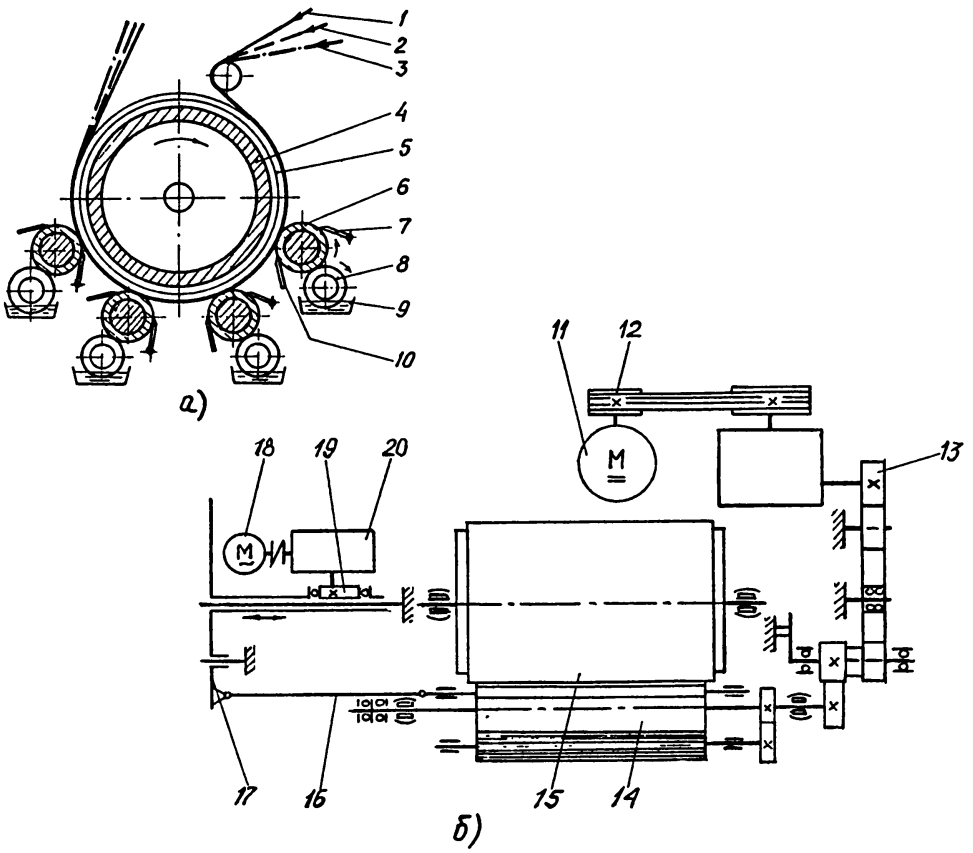


Рис. 1.4.26. Схемы печатной машины с гравировальными валами

Печатные машины высокого технического уровня выпускают фирмы Элитекс (Чехия), Дек (Франция), Кромптон (США), Зауерэссиг (Германия). Фирма Элитекс выпускает 4-, 6-, 8- и 10-вальные машины с номинальной шириной грузовика B = 1100...1600 мм. Диаметр грузовика (восьмивальной машины) 1020 мм, периметр печатного вала 400... 650 мм, прижим валов - гидравлический, максимальная сила прижима 60 кН, скорость движения ткани 12 ... 120 м/мин, ширина обрабатываемых тканей $B_т \le B$ - 200 мм, поверхностная плотность тканей 70... 250 г/м^2, привод печатных машин от электродвигателя постоянного тока с тиристорным преобразователем.

Способ печатания сетчатыми шаблонами заключается в протирании краски через специальный трафарет - шаблон при помощи ракли. Печатные машины циклического действия с плоскими шаблонами выпускают фирмы Циммер (Австрия), Мекканотессиле, Реджиани (Италия), Шторк (Голландия), Тошин (Япония), ротационные печатные машины с цилиндрическими шаблонами, установленными в горизонтальной плоскости, - фирмы Шторк (Голландия), Бузер (Швейцария), Мориссон (США), Циммер (Австрия), Мекканотессиле, Реджиани (Италия), а с радиальным расположением шаблонов относительно цилиндрического пресс-вала - фирма Элитекс.

Печатные машины с плоскими шаблонами применяют для печатания сложных крупнораппортных, многоцветных рисунков на полотнах с легкоподвижной структурой. Машина фирмы Мекканотессиле (рис. 1.4.27, *а*) состоит из заправочного устройства *1*, транспортирующего вала *2*, компенсатора *3*, двух валиков *6*, прижимающих и приклеивающих полотно к транспортирующей ленте *7*, плоского стола, по которому перемещается лента, устройств *4*, *5* для нанесения и выравнивания слоя клея на ленте, шаблонов *8*, установленных в специальных держателях, механизмов подъема и опускания, механизмов *9* перемещения раклей, устройства *10* для промывки и сушки ленты, устройства *11* для подсушки полотна, конвейера *12*, подающего полотно в

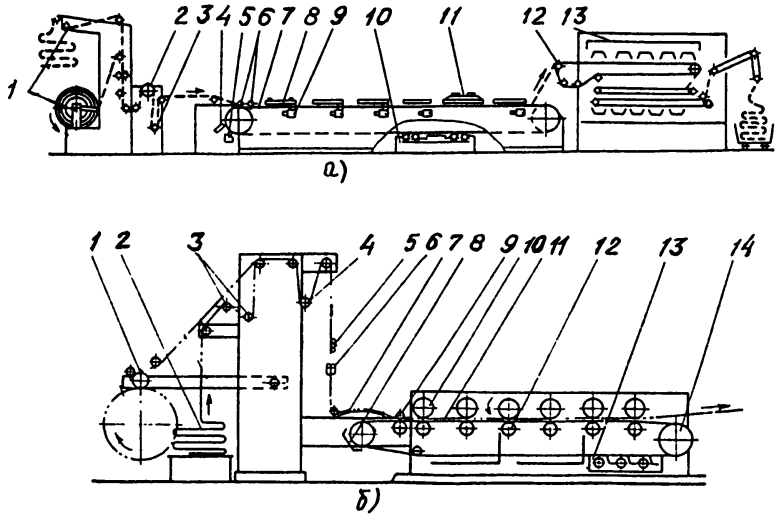


Рис. 1.4.27. Схема печатной машины с сетчатыми шаблонами:
а - плоскими фирмы Мекканотессиле; *б* - цилиндрическими фирмы Шторк

сушильную камеру *13*. Периодическое перемещение ленты *7* и полотна на длину раппорта осуществляет ведущий барабан. В момент останова ленты опускаются шаблоны на полотно, включаются механизмы перемещения раклей, которые совершают возвратно-поступательное движение, протирая краску через шаблоны на полотно. По окончании проходов ракли происходит подъем шаблонов, а полотно перемещается на величину раппорта. Изменение скорости движения ракли регулируется в пределах 0,4 ÷ 1,0 м/с. В данной машине применяются резиновые пластинчатые ракли. Жесткость, толщина и угол заточки ракли выбираются в зависимости от вида рисунка. Число плоских шаблонов в таких машинах 4 - 24, производительность 200 ÷ 500 м/ч.

Печатная машина фирмы Шторк с цилиндрическими шаблонами (рис. 1.4.27, *б*) имеет заправочное устройство для работы из рулона *1* или емкости *2*, натяжное устройство *3*, компенсатор *4*, кромкорасправители *5* и направители полотна *6*, обогреваемый стол *7*, устройство *8* для разогрева и нанесения термопластического клея на ленту *11*, которая приводится в движение барабаном *14*. Полотно прижимается и приклеивается к ленте *11* роликом *9*. Цилиндрические шаблоны *10* связаны с приводной системой зубчатой передачей, обеспечивающей их синхронное движение. Силу прижима шаблона к ленте *11* регулируют с помощью пневмоприжимов, нагружающих валы *12*. Снизу расположена установка *13* для промывки и чистки ленты. Ракельное устройство установлено внутри шаблона, который представляет собой тонкостенный (0,1 ÷ 0,2 мм) никелевый перфорированный цилиндр, изготовляемый гальваническим способом.

Отличиями печатных машин с цилиндрическими шаблонами фирмы Элитекс являются радиальное расположение их вокруг цилиндрического пресс-вала, значительно меньшая длина, отсутствие необходимости приклеивания полотна к кирзовой ленте.

Производительность ротационных печатных машин выше, чем машин с плоскими шаблонами, в 4 - 6 раз. Характеристика ротационных машин приведена в табл. 1.4.5.

При переводной печати краситель переносится с переводной (напечатанной) бумаги на текстильное полотно. Различают два способа переводной печати: сублимирующимися при высокой температуре красителями на сухое полотно и водорастворимыми красителями на увлажненное полотно. В первом случае перенос рисунка с бумаги на полотно происходит в результате сублимации красителя и его диффузии в волокно при температуре 150 ÷ 200 °С, во втором - в результате диффузии водорастворимого красителя в полотно во влажно-паровой среде при температуре 110 ÷ 120 °С. Различают оборудование двух типов: ротационные машины для непрерывного нанесения рисунка на движущееся полотно и плоскопечатные прессы периодического действия для нанесения рисунка на изделие или детали изделий.

1.4.5. Техническая характеристика ротационных печатных машин с сетчатыми шаблонами

Показатель	Фирма		
	Шторк	Реджиани	Элитекс
Число шаблонов	8 ÷ 24	6 ÷ 24	4 ÷ 8
Номинальная ширина машины, см	128 ÷ 320	160 ÷ 320	120 ÷ 200
Длина раппорта, мм	640 ÷ 1020	640 ÷ 1020	480 ÷ 830
Скорость полотна, м/мин	4 ÷ 80	5 ÷ 90	10 ÷ 100

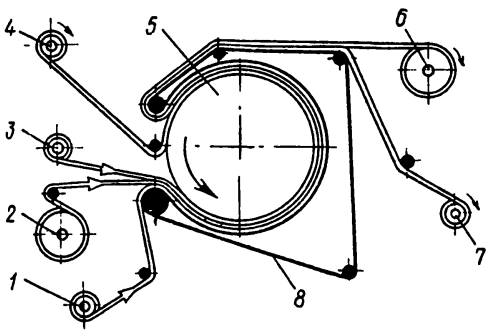


Рис. 1.4.28. Схема машины для переводной печати

Машины первого типа выпускают фирмы Шторк, Гесснер (США), Кляйнвеферс и Каннегиссер (Германия), Хант и Москроп (Великобритания) и др. Наибольшее распространение получили машины с обогреваемым цилиндром (рис. 1.4.28). Вращающийся цилиндр *5* диаметром 0,5 ÷ 2 м имеет масляный или электрический обогрев. Непосредственно на цилиндр поступает из рулона *3* переводная бумага с наложенным на нее полотном, размотываемым из рулона *2*. Прижим их к цилиндру осуществляется бесконечной лентой *8* из термостойкого материала. Время контакта бумаги и полотна с обогреваемым цилиндром 15 ÷ 30 с. Привод обеспечивает синхронное движение ленты и цилиндра, давление ленты на полотно регулируется ее натяжением. Скорость машины зависит от времени, необходимого для перехода красителя на полотно, диаметра, температуры цилиндра и составляет 3 ÷ 24 м/мин.

Для защиты ленты от красителя применяют защитную бумагу, заправляемую из рулона *1*. Защитная бумага, переводная бумага и полотно после прохождения по цилиндру наматываются соответственно в рулоны *7*, *4* и *6*.

С целью интенсификации процесса печатания и повышения производительности в машине фирмы Гесснер перед цилиндром установлена камера предварительного нагрева полотна и бумаги до 150 °С. Машина "Вакумат" фирмы Каннегиссер имеет перфорированный цилиндр, внутри которого создается разрежение ($5{,}8 \cdot 10^3$ Па). Полотно и бумага проходят по цилиндру, вокруг нижней части которого установлены ИК-источники обогрева. Применение вакуумирования позволяет интенсифицировать процесс печатания, снизить температуру на 15 ÷ 40 °С, улучшить гриф полотна, глубину проникновения красителя и прочность окраски.

Сушильные барабанные машины. При контактной сушке расправленных хлопчатобумажных, льняных, вискозных и штапельных тканей ткань заправляется на барабан, транспортируется им, сушится и разглаживается. Сушка влажной ткани осуществляется при ее контакте с нагретой поверхностью сушильного барабана. Недостатками контактной сушки являются вытяжка ткани по длине и усадка по ширине, а также повышенная жесткость, обусловленная контактом с нагретой поверхностью. Обогрев сушильных барабанов обычно паровой.

В сушильных барабанных машинах вращающиеся барабаны установлены в шахматном порядке в вертикальном или горизонтальном направлении. При вертикальном положении барабанов машина состоит из одной или нескольких колонок, содержащих 8 - 12 сушильных барабанов, установленных на пол производственного помещения, а при горизонтальном - сушильные барабаны устанавливают на эстакаде, над вводным полем машины в линиях заключительной отделки.

Заправка ткани в машину может быть двусторонней, когда она попеременно соприкасается с поверхностью барабанов лицом и изнанкой, или односторонней (только изнанкой). Двусторонняя сушка более производительна, но одностороннюю применяют при аппретировании тканей, когда ткань желательно сушить со стороны изнанки, чтобы на лицевой стороне не получился ненужный блеск.

Основным рабочим органом машины является сушильный барабан (рис. 1.4.29), состоящий из цилиндрической обечайки *6*, изготовленной из листовой коррозионно-стойкой стали, и двух вогнутых штампованных стальных днищ *8*. К днищам прикреплены литые чугунные цапфы *9*, одна из которых имеет отверстие для подвода пара и отвода конденсата. Барабаны вращаются в роликовых сфериче-

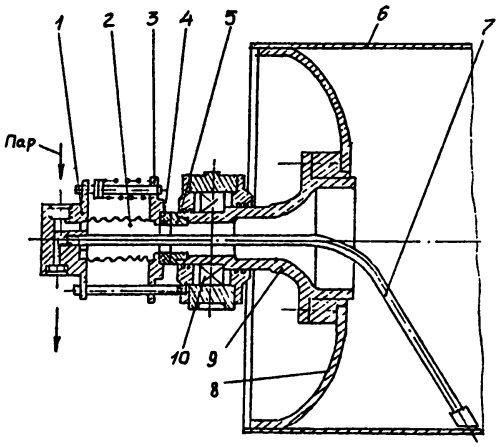


Рис. 1.4.29. Сушильный барабан

ских подшипниках *10*. Наружная поверхность некоторых сушильных барабанов покрыта антиадгезионным фторопластовым слоем для предотвращения налипания клеящих и аппретирующих веществ. Барабаны обогреваются паром, поступающим внутрь барабана под давлением 0,3 ÷ 0,8 МПа. Пар, отдавая теплоту обечайке, конденсируется.

Для обеспечения герметичного сопряжения вращающихся цапф с неподвижными элементами арматуры подвода пара и отвода конденсата, используют различные набивные (сальниковые), шаровые, торцовые и другие уплотнения. АО "Ивтекмаш" применяет сильфонные торцовые уплотнения. В торец полой цапфы сушильного барабана ввернута втулка *5*, к полированной торцовой поверхности которой прижата пружинами обойма *3* с закрепленным в ней графитопластовым кольцом *4*. Обойма с помощью сильфона *2*, позволяющего воспринимать угловые и осевые перемещения торца втулки, герметично соединена с фланцем *1*, закрепленным на корпусе подшипникового узла. К фланцу *1* подводится пар и от него же отводится конденсат. Удаление конденсата с внутренней поверхности обечайки барабана проводится с помощью сифонной трубки *7*.

Для подвода пара в отдельные секции машин и отвода конденсата устанавливают магистральные паровые и конденсатные линии с запорным вентилем, регулятором давления и предохранительным клапаном, вакуум-клапаном для подачи атмосферного воздуха внутрь паровой системы при отключении машины от паровой сети и конденсации пара в системе при охлаждении машины. Для регулирования температурного режима в каждой секции на подходящих к ним паропроводах устанавливают запорные вентили и регулирующие клапаны, действующие от датчика температуры данной секции. Иногда на общем паропроводе предусматривают клапан-отсекатель, автоматически закрывающий подачу пара при остановке машины. Этим исключается перерасход пара.

Отвод конденсата из отдельных пароприемников (калориферов, цилиндров) осуществляется по отдельным конденсатопроводам в магистральную линию, обратный клапан на которой препятствует поступлению конденсата из сети в отключенную машину. Термодинамические конденсатоотводчики на конденсатопроводах служат для пропуска конденсата, но препятствуют проходу пара в конденсатную линию. Привод сушильных барабанов осуществляется от электродвигателя постоянного тока через цепную или плоскоременную передачу.

Выпускают машины для двусторонней и односторонней сушки тканей, используемые для индивидуальной работы и для работы в составе линий или агрегатов (с плюсовками, отжимными машинами и др.) с числом колонок 1-3. На сушильной барабанной машине МСБ-24/180 (рис. 1.4.30, *а*) ткань через роликовый компенсатор *1*, тканенаправители *2*, направляющие ролики *3* и дуговой тканерасправитель *4* поступает на сушильные барабаны *5* двух колонок, последовательно огибает их, сушится, разглаживается, в камере *6* охлаждается воздухом до температуры 40 °С, и тканеукладчиком укладывается в тележку или накатной машиной наматывается в рулон.

Вытяжным вентилятором из камеры сушилки (шатра) удаляется влажный воздух, а в ней создается небольшое разрежение, что предупреждает выход пара из камеры в цех. Машина оснащена системами поддержания оптимального режима сушки ткани, регулирования скорости ее движения и расхода пара в зависимости от заданного влагосодержания; предусмотрено регулирование влажности удаляемого воздуха. Специальный теплообменник служит для утилизации теплоты паровоздушной смеси, используемой в промывных машинах поточной линии или на другие нужды.

Для подсушки хлопчатобумажных, вискозных, штапельных и льняных тканей, пропитанных растворами нелетучих химических реагентов, придающих тканям свойства малоусадочности и безусадочности, малосминаемости, огнезащитности и водоотталкиваемости, эффектов "стирай-носи", несмываемого глянца, устойчивого серебристого блеска, применяют машины с горизонтальным расположением колонки барабанов типа СБМО (рис. 1.4.30, *б*). Их устанавливают в линиях заключительной отделки, благодаря чему производительность линий и съем продукции повышаются в 2 раза. Каждая машина закрыта

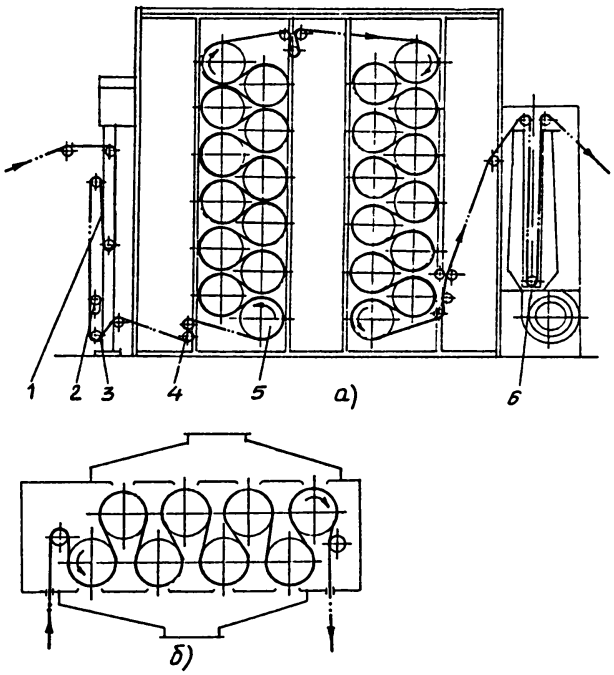


Рис. 1.4.30. Схема сушильной барабанной машины:
а - вертикальной МСБ-24/180; *б* - горизонтальной СБМО

герметичным шатром, к воздуховодам которого присоединен отсасывающий вентилятор разрежения. Ткань поступает в машину через заправочное устройство после пропитки в плюсовке. Принудительный отсос выделяющихся паров непосредственно от поверхности ткани и разрежение создают условия для интенсивного испарения влаги и равномерного распределения аппретов в толще материала. Двустороннее касание полотном поверхности барабанов и интенсивный отсос обеспечивают эффективное испарение влаги (с 80 % до 30 % остаточной влажности), что позволяет обрабатывать тяжелые ткани на повышенных скоростях. Подсушенная ткань направляется на дальнейшую обработку.

Оборудование для отделки волокон, чесаной ленты и пряжи в мотках, паковках и навоях. Текстильные материалы в виде волокон, чесаной ленты или пряжи подвергают отделочным технологическим операциям: крашению, белению, термофиксации и сушке. Крашение осуществляется на аппаратах или машинах периодического и непрерывного действия. Аппараты периодического действия позволяют окрашивать небольшие партии материалов и выпускать продукцию в разнообразных цветах и оттенках. Непрерывный способ крашения отличается более высокой производительностью и ровнотой окраски. Для крашения волокон периодическим способом применяют аппараты с двусторонней циркуляцией рабочего раствора в вертикальном или радиальном направлении, осуществляемой насосами. Крашение проводят при высокой температуре (свыше 100 °С) и избыточном статическом давлении в герметически закрытом аппарате.

Крашение гребенной чесаной ленты в клубках и навоях проводят в перфорированных цилиндрах или на стержнях, через которые циркулирует красильный раствор. Пряжу в мотках красят в аппаратах при высоких модулях ванны (15:1 ÷ 30:1). Мотки пряжи подвешивают на металлические штанги, которые устанавливают в специальных каретках, корзинах или кассетах, вставляемых в аппарат. Пряжа омывается потоками циркулирующего раствора при температуре около 100 °С.

Крашение пряжи в паковках и навоях отличается более высокой степенью автоматизации технологических процессов по сравнению с крашением пряжи в мотках. Качество окраски зависит от плотности (0,25÷0,60 г/см^3) паковки, через которую циркулирует раствор. Паковки имеют коническую, цилиндрическую или бочкообразную форму и формируются на жестких или податливых нитеносителях. Конструкции аппаратов для крашения пряжи в паковках и навоях разнообразны, но принцип

действия у них общий: каретки с паковками или навоями помещают в котел, в котором жидкость имеет двустороннюю циркуляцию через толщу пряжи.

Аппараты для жидкостной скоростной обработки текстильных материалов в паковках типа АКДС наиболее распространены для отварки, беления, крашения и других мокрых обработок волокон в массе, пряжи и ниток в паковках, чесаной ленты в клубках, ровницы на катушках. Скоростная и равномерная обработка материалов достигается благодаря осуществлению их предварительного вакуумирования, интенсивной циркуляции и высокому темпу разогрева технологических растворов. Рабочее давление в аппарате 0,4 МПа, температура обработки 140 °С при модуле ванны 9:1 ÷ 11:1.

Паковки загружают в красильный бак, крышку его запирают байонетным затвором, создают разрежение, затем подают внутрь раствор от химической станции или из бака. Подпиточным насосом создают рабочее давление в красильном баке и обрабатывают материал по заданному режиму: темп разогрева 4 ... 6 °С/мин; интенсивность циркуляции раствора через материал 70 л/(мин · кг). По окончании процесса раствор сливают или перекачивают в бак для повторного использования. Материал отжимают с помощью сжатого воздуха. В аппаратах АКДС технологический процесс проводится по заданной программе с автоматизированным вводом химических материалов. Предусмотрена возможность ручного дистанционного управления. Выпускают аппараты малого объема для мокрой обработки небольших партий волокон, ленты и текстильно-галантерейных изделий.

Одним из направлений совершенствования жидкостной обработки текстильных материалов в аппаратах периодического действия является снижение модуля ванны. Низкомодульные процессы и аппараты типа АКДН обеспечивают значительную экономию воды, пара, электроэнергии и химических материалов (рис. 1.4.31, *а*). После загрузки материала в аппарат под прокладку крышки красильного бака с байонетным затвором подают сжатый воздух. Материал предварительно вакуумируют (до 90 %), затем заполняют бак красильным раствором, создают рабочее давление (до 0,4 МПа) и проводят технологический процесс по заданной программе. Рабочая температура до 140 °С, модуль ванны 6:1 ÷ 10:1. Аппараты оснащены комплексной системой автоматизации управления технологическим процессом на основе применения микропроцессоров.

Оборудование для непрерывного крашения по плюсовочно-запарному способу волокон и чесаной ленты при температуре до 100 °С и выше позволяет в 1,5 - 2 раза повысить производительность труда и улучшить качество продукции.

Для интенсификации процессов крашения в современных агрегатах и линиях используют температуру свыше 100 °С, просос или действие спрысков, запаривание волокон острым насыщенным паром.

Термофиксация - одна из основных отделочных операций текстильных материалов (ленты и пряжи из синтетических волокон) - проводится в котловых терморелаксационных аппаратах типа КТР. В состав аппарата (рис. 1.4.31, *б*) входят: автоклав со спиральным теплообменником, система трубопроводов, электрооборудование, приборы и средства автоматизации. Аппарат рассчитан на одно- и многоцикловую периодическую термообработку изделий. Носители с изделиями устанавливают на загрузочную тележку, которую по специальным направляющим закатывают в автоклав. Крышку аппарата закрывают и автоматически запирают затвором. Обработку материала проводят по заданной программе с предварительным вакуумированием и последующим пропариванием. После расхолодки и заключительного вакуумирования крышку открывают и выгружают изделие. Модификации аппаратов отличаются только объемом автоклава и числом загружаемых изделий. Процесс релаксации происходит при температуре до 150 °С и избыточном давлении не выше 0,4 МПа в среде насыщенного и перегретого пара. Принудительная циркуляция пара способствует равномерному распределению температуры внутри автоклава и улучшению качественных показателей обрабатываемых изделий.

Для сушки текстильных материалов из натуральных и химических волокон после крашения используют сушильные аппараты типа СКД (рис. 1.4.31, *в*), работающие под давлением 0,45 МПа и при температуре 150 °С. Пряжу, обработанную в аппаратах типа АКД, загружают в сушильный котел, закрывают крышку, подают сжатый воздух и включают турбокомпрессор. Нагретый воздух проходит через материал и, забрав из него влагу, направляется в охладитель, где влага конденсируется и удаляется снизу. Уносимая влага отделяется в сепараторе. По достижении заданной влажности материал выгружают. Для ускорения процесса используют резкое понижение давления в котле перед окончанием сушки и периодическую смену направления циркуляции горячего воздуха. Технологический процесс может осуществляться в автоматическом режиме или с ручным управлением. В агрегатах для сушки натуральных и химических волокон непрерывным способом используют машины вакуум-барабанного типа, в которых температура рабочего воздуха регулируется по зонам.

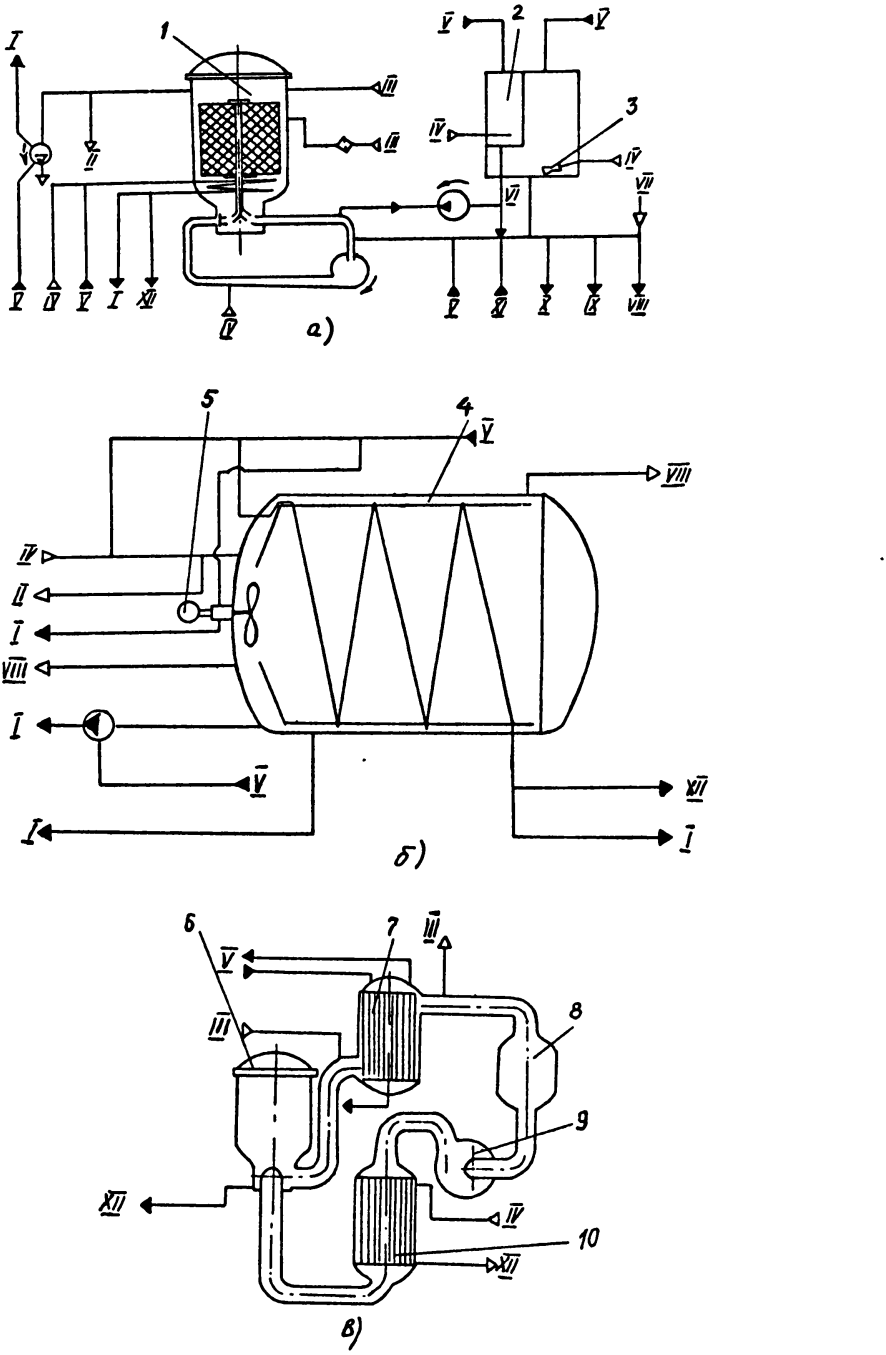


Рис. 1.4.31. Схемы аппаратов отделочного производства:
а - типа АКДН; *б* - котлового терморелаксационного типа КТР; *в* - типа СКД;
1 - бак; *2* - отсек химдобавок; *3* - эжектор; *4* - автоклав; *5* - вентилятор; *6* - сушильный котел; *7* - охладитель;
8 - сепаратор; *9* - турбокомпрессор; *10* - теплообменник;
I - в линию оборотной воды; *II* - сброс давления; *III* - воздух; *IV* - пар; *V* - холодная вода; *VI* - слив;
VII - рабочий раствор от химической станции; *VIII* - слив сильно загрязненных растворов;
IX - слив слабо загрязненных растворов; *X* - слив условно чистых растворов; *XI* - горячая вода; *XII* - конденсат

Правила устройства и безопасной эксплуатации аппаратов, работающих под давлением, должны отвечать нормам Госгортехнадзора, а методика расчета ГОСТ 14249-89. Система управления оборудованием для отделки текстильных материалов обеспечивает программное автоматическое регулирование и контроль уровней растворов, температуры и давления среды обработки, дистанционное управление технологическим процессом.

1.4.3. ЛИНИИ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Обработка текстильных материалов на отделочных машинах, агрегатированных в поточные линии, обладает рядом преимуществ: улучшается равномерность обработки и ее качество путем стабилизации технологических процессов, повышается производительность труда, упрощается транспортировка материалов и облегчается обслуживание машин.

Агрегирование машин создает возможность непрерывных законченных циклов обработки - процессов отбелки, крашения или заключительной отделки. При компоновке линий не должно быть значительного расхождения рабочих ширин и скоростей машин. Для сохранения непрерывности обработки, заложенной в технологическом процессе, машины в линии устанавливают в определенной последовательности. Поточные линии компонуют из базовых машин, соединяемых в технологическую цепочку с помощью элементов агрегирования (привода, компенсаторов, заправочных и выборочных устройств, установок правки утка, трубопроводов, шатров и др.). В зависимости от вида отделки предусматривают несколько вариантов заправки тканей с использованием всех или отдельных базовых машин линии. Ткань в поточных линиях обрабатывают в виде жгута или расправленного полотна на скоростях 20 ... 200 м/мин и выше.

Примеры компоновок линий приведены на рис. 1.4.32 и 1.4.33. Привод поточных линий должен обеспечивать регулирование скоростей в широких пределах, плавный пуск, быстрое торможение, наличие заправочной скорости, реверс, а также согласование скоростей машин, входящих в линию, в пределах ± 15 %. Для этого привод осуществляется в основном по системе Г - Д (генератор - двигатель) или с использованием тиристорных пре-

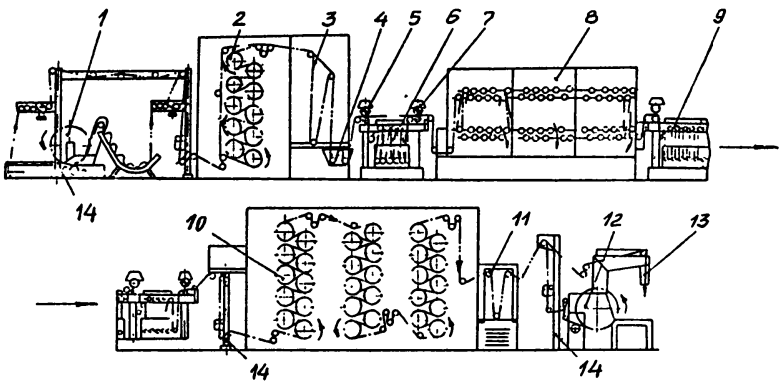


Рис. 1.4.32. Схема красильно-сушильной линии:
1 - раскатная машина; *2* - сушильно-барабанная машина; *3* - универсальная радиационная камера; *4, 6* - пропиточные ванны; *5* - средний отжим; *7* - отжим; *8* - запорная роликовая камера; *9* - мойная ванна; *10* - трехсекционная сушильная барабанная машина; *11* - охладительная камера: *12* - накатная машина; *13* - тканеукладчик; *14* - элементы агрегирования (заправочные устройства, компенсаторы)

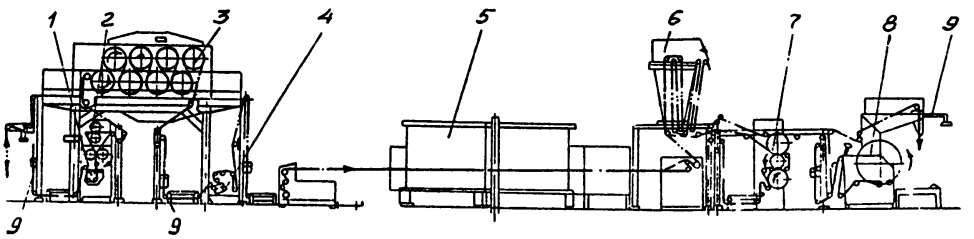


Рис. 1.4.33. Схема линии заключительной отделки:
1 - плосовка; *2* - установка теплового удара; *3* - сушильно-барабанная машина; *4* - установка для исправления перекосов уточных нитей; *5* - сушильно-ширильная машина; *6* - универсальная радиационная термокамера; *7* - отделочный каландр; *8* - накатная машина; *9* - узлы агрегирования

образователей (индивидуальные, централизованные или комбинированные). Тиристорный привод постоянного тока отличается быстродействием системы согласования скоростей, возможностью работы линий на повышенных скоростях при одновременном снижении запасов ткани в компенсаторах, расширенным диапазоном регулирования рабочих скоростей, высоким КПД электропривода, малыми габаритами и надежностью в эксплуатации.

Согласование скоростей машин в линии достигается установкой компенсаторов для создания запасов ткани в натянутом или свободном состоянии, величина которых определяется допускаемым отклонением от средней скорости прохождения ткани в линии (8 ... 10 % для хлопчатобумажных тканей). Компенсаторы кинематически связаны с регуляторами возбуждения, которые включены последовательно в обмотки возбуждения двигателей постоянного тока и создают натяжение ткани в пределах 4 ... 50 даН. В линиях устанавливают пневматические, рычажные, роликовые, лотковые или сапожковые компенсаторы.

Стабильность и контроль технологических процессов осуществляют системы и приборы автоматики. Автоматически регулируются: температура и уровни растворов в плюсовках, пропиточных и моечных ваннах; температура среды в секциях машин сушки и термообработки; избыточное давление подводимого пара и сжатого воздуха, подаваемого для прижима валов и в пневмоцилиндры компенсаторов; концентрации растворов в пропиточных ваннах и другие параметры. На линиях обеспечивается ручное и автоматическое (сблокированное с пуском и остановом линий) управление технологическим процессом, установлены системы сигнализации и аварийного останова.

Комплектование линий на модульном принципе позволяет выпускать их по индивидуальным заказам предприятий и решить проблему запасных частей. Унификация линий способствует взаимозаменяемости машин и упрощает организацию ремонта оборудования. Основные направления в создании поточных линий: использование интенсифицирующих факторов (повышение температуры и давления обработки, применение перегретого пара, вакуума и инфракрасного облучения); обработка тканей в неводных и экологически чистых средах; комплексная автоматизация оборудования на базе микропроцессорной техники; внедрение оптимальных по расходу энергии условий осуществления технологических процессов. Проводятся работы по созданию отделочных линий с использованием принципиально новых технологических решений отделки текстильных материалов, основанных на использовании физико-химических воздействий: термомагнитной и высокоградиентной обработок, токов ВЧ и СВЧ, УФ-излучения, плазмохимической обработки. Важным перспективным направлением является создание базовых машин и поточных линий с рабочими ширинами свыше 2 м.

1.4.4. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И МЕХАНИЗМЫ ТЕКСТИЛЬНОГО ОТДЕЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

К основным рабочим органам отделочного оборудования относят отжимные валы, обогреваемые цилиндры, ролики, механизмы прижима, привод, ванны, специальные устройства (для заправки и выборки ткани, интенсификации технологических процессов, клуппы и др.).

Отжимные валы применяют для транспортирования, отжима или отделки текстильных материалов и изготовляют унифицированными рядами на рабочую ширину 200 ... 6000 мм. Для валковых машин красильно-отделочного оборудования используют металлические, обрезиненные и наборные валы.

Обрезиненные валы изготовляют металлическими полыми с рабочей поверхностью, покрытой слоем эбонита и резины толщиной 6 ÷ 30 мм (рис. 1.4.34). Детали *1*, *2* и *6* образуют неразъемные конструкции (патроны), которые запрессовывают в рубашку *3* и приваривают. Эластичный слой получают в результате вулканизации резиновых смесей. После вулканизации в отверстия дисков *2* вставляют резиновые пробки *7*. Для работы в условиях агрессивной среды фланцы *8*, втулки *9* и рубашку *3* изготовляют из коррозионно-стойкой стали. В составных валах крепление деталей осуществляют посредством посадок с гарантированным натягом, поэтому при расчетах их рассматривают как цельные.

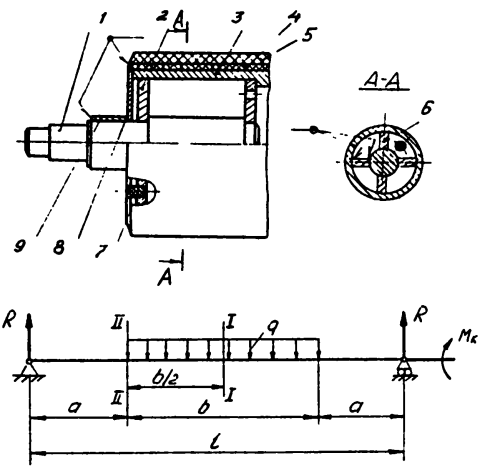


Рис. 1.4.34. Обрезиненный вал:
1 - шип; *2* - диск; *3* - рубашка; *4* - эбонит; *5* - резина; *6* - ребро жесткости; *7* - резиновая пробка; *8* - фланец; *9* - втулка

Главные критерии работоспособности валов - прочность и жесткость. Задачами расчета являются: обеспечение условий прочности и ограничение деформации изгиба или кручения. Расчетная схема вала - балка на двух опорах с равномерно распределенной нагрузкой от механизма прижима, его веса и крутящего момента (для приводных валов). Геометрические размеры валов определяют предварительным расчетом на статическую прочность при пониженных допускаемых напряжениях и уточняют проверочным расчетом на сопротивление усталости с выявлением запасов прочности и сравнения их с рекомендуемыми ($|n|$ = 1,5 ... 2,5) в опасных сечениях (*I - I* и *II - II*).

Напряжение от деформаций изгиба и кручения

$$\sigma = M_{пр} / W \le [\sigma_u],$$

где $M_{пр}$ - приведенный момент; W - осевой момент сопротивления сечения; $[\sigma_u]$ - допускаемое напряжение для материала вала, соответствующее режиму его работы.

Максимальный прогиб в среднем сечении *I - I* рабочей части вала при условии постоянства его жесткости EJ по длине:

с опорами по торцам рубашки

$$y_{max} = qb^3 (12l - 7b) / (384EJ);$$

с опорами посередине

$$y_{max} = qb^4 / (128EJ),$$

где q - интенсивность нагрузки в жале валов; b - рабочая длина вала; l - расстояние между опорами подшипников; E - модуль упругости материала рубашки; J - момент инерции сечения вала.

Эффективным способом уменьшения прогибов и неравномерности нагрузки в жале является применение малопрогибных конструкций (рис. 1.4.35): с опорой посередине, с заглубленными в рубашку опорами, с регулируемым прогибом и др.

Обогреваемые полые цилиндры (сушильные, гладильные, отделочные, декатировочные) работают под давлением пара до 1 МПа. Нормы и методы расчета цилиндров на прочность приведены в ГОСТ 14249-89. Эффективность их работы в значительной мере определяется торцовыми сильфонными уплотнениями, препятствующими проникновению

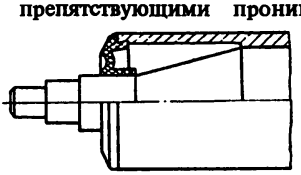


Рис. 1.4.35. Малопрогибный вал

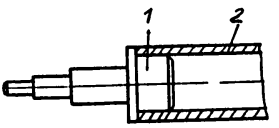


Рис. 1.4.36. Тканенаправляющий ролик

пара в окружающую среду. В основе методики расчета теплоносителя для поддержания заданной температуры поверхности цилиндра - уравнение теплового баланса. Расход пара на обогрев цилиндра

$$G_п = (Q_ц + Q_{тк}) / (C_p(t_{п1} - t_{п2})),$$

где $Q_ц$ и $Q_{тк}$ - потери теплоты с поверхности цилиндра и ткани, кДж/ч; C_p - удельная теплоемкость пара при постоянном давлении, кДж/(кг · °С); $t_{п1} - t_{п2}$ - разность температур теплоносителя на входе и выходе теплообменника, °С.

Ролики выполняют функции транспортировки материала и изменения направления его движения и состоят из рубашки *2* диаметром 80 ... 130 мм и двух патронов *1* устанавливаемых в подшипниках качения или скольжения (рис. 1.4.36). В зависимости от агрессивности и температуры среды рабочие поверхности роликов выполняют из коррозионностойкой стали, эбонита или резины. Для снижения металлоемкости патроны изготовляют штамповкой, а рубашку вальцовкой (из листа) с последующей гидрораздачей под давлением 25 ... 30 МПа, что исключает применение механической обработки и балансировки.

Механизмы прижима, создающие технологическую нагрузку в рабочей зоне, подразделяют на пневматические и гидравлические.

Пневмо- и гидроприводы представляют собой систему устройств (исполнительных, распределительных и управляющих), соединенных между собой трубопроводами и механизмами (шарнирно-рычажные, кулачковые и др.). Выбор механизма прижима регламентируется усилием на штоке, его ходом, быстродействием, габаритами.

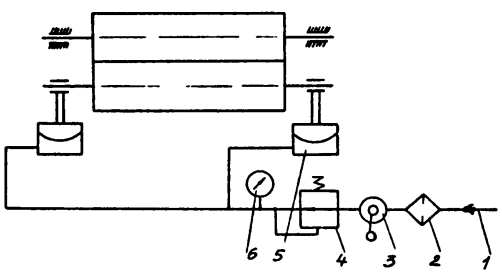


Рис. 1.4.37. Схема пневмопривода

Пневмопривод применяют при удельной нагрузке в жале валов до 60 кН/м и выше в случае использования рычажно-эксцентриковых систем (рис. 1.4.37). Воздух от компрессора с помощью трубок *1* внутренним диаметром 6 ÷ 10 мм подается через фильтр *2*, кран *3* и редуктор давления *4* в исполнительное устройство *5* под давлением, контролируемым по манометру *6*. Исполнительные устройства - поршневые и с упругими элементами (мембранами, сильфонами, пневмоподушками) - отличаются простотой конструкции, надежностью в работе, устойчивостью к влаге и агрессивной среде, удобны в обслуживании и управлении, безопасны в эксплуатации. Пневмоцилиндры могут быть двустороннего и одностороннего действия (ГОСТ 15608-81). Эффективность их работы оценивается по силе на штоке поршня (рис. 1.4.38, *а*)

$$P = pS_{\text{п}} - F_{\text{пр}} - F_{\text{тр}},$$

где p -давление воздуха в цилиндре (0,3 ÷ 0,5 МПа); $S_{\text{п}}$ - полезная площадь поршня; $F_{\text{пр}}$ - сила действия возвратной пружины; $F_{\text{тр}}$ - сила трения о стенки цилиндра.

Ход штока в цилиндрах достигает 8 - 10 диаметров поршня.

Исполнительные устройства - пневмокамеры с упругими элементами в виде мембраны (диафрагмы) имеют длительный срок службы, в них отсутствуют утечки воздуха и потери на трение. Пневмокамеры выполняют с плоской, тарельчатой или чулковой мембраной, они отличаются длиной хода штока (0,1 ÷ 1,5)D.

Сила на штоке пневмокамеры (рис. 1.4.38, *б*)

$$P = \pi p\,(D^2 + Dd + d^2) / 12 - F_{\text{пр}},$$

где D - диаметр мембраны по месту ее защемления; d - диаметр опорного диска.

Для тарельчатых резинотканевых мембран оптимальным является отношение $d / D = 0{,}7$. Пневматические исполнительные устройства с упругим элементом в виде сильфона по сравнению с мембраной позволяют при одинаковых габаритах получать большую силу на штоке и уменьшить металлоемкость конструкции. Для малых перемещений (до 25 мм) рабочих органов и получения равномерной нагрузки на большие площадки контакта применяют пневматические подушки. Комбинированная система прижима содержит пневматическое устройство (пневмокамеры, пневмоподушки) для создания рабочей нагрузки в жале валов и гидравлический механизм, работающий в момент кратковременной их разгрузки.

Гидропривод создает интенсивность прижима в жале валов 100 ... 250 кН/м и отличается быстродействием и эластичностью (способностью воспринимать ударные нагрузки) при наличии в его составе гидропневматического аккумулятора. Гидравлический механизм прижима (рис. 1.4.39) состоит из гидростанции *1*, гидрораспределителей с электромагнитным управлением *2* и *3*, дозатора *4*, фильтра *5*, крана *6*, гидроцилиндров *7* и трубопроводов. Насос *9* из гидробака *8* подает масло через фильтр *10* и обратный клапан *14* в напорную линию, соединенную с нижней полостью аккумулятора *17*. При повышении

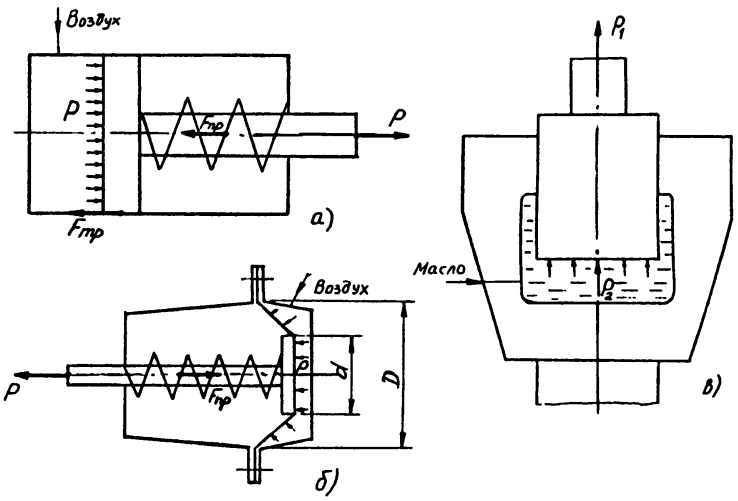


Рис. 1.4.38. Схема действия сил:
а - в пневмоцилиндре одностороннего действия; *б* - в пневмокамере с тарельчатой мембраной; *в* - в гидроцилиндре

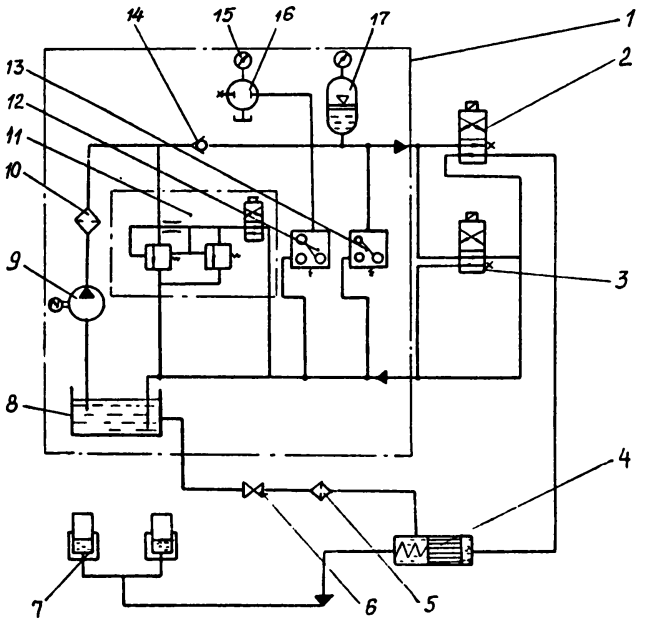


Рис. 1.4.39. Схема гидропривода

давления в верхней полости до предела, установленного реле *12*, отключается электродвигатель насоса. Нижний предел давления фиксируется реле *13* путем включения в работу насоса для повторения цикла. Контроль настройки давления предохранительного гидроклапана *11*, реле давления *12* и *13* проводится по манометру *15*, установленному на направляющем гидрораспределителе *16* включения манометра.

Сила на штоке гидроцилиндра (см. рис. 1.4.38, *в*)

$$P_1 = (q_{max} b + G_i) / 2,$$

где q_{max} - максимальная удельная нагрузка в жале валов (до $2{,}5 \cdot 10^3$ Н/см); G_i - вес нижних валов с буксами, Н.

Внутренний диаметр гидроцилиндра

$$D_{в\,н} = 2\sqrt{P_1 / (\pi p_2 \eta)},$$

где p_2 - давление масла в гидросистеме, p_2 = = 4 ... 5 МПа; η - КПД гидроцилиндра, η = = 0,9 ... 0,95.

Расчет толщины стенок пневматических и гидравлических исполнительных устройств проводят по ГОСТ 14249-89.

Электропривод машины *5* состоит из четырех основных звеньев: преобразовательного устройства *1*, электродвигателя *2*, передачи *3* от двигателя к рабочей машине и управляющего устройства *4* (рис. 1.4.40). В некоторых случаях может отсутствовать передаточное устройство или преобразователь электрической энергии (рода тока, частоты и др.). Электроприводы, применяемые в отделочном производстве, подразделяют на индивидуальные и многодвигательные.

Выбор элементов привода определяется технической характеристикой и конкретными условиями работы машины. При проектировании привода существенное значение имеет выбор двигателя, определяющий КПД и cos φ. Отделочное оборудование оснащено двигателями переменного и постоянного тока, работающими в условиях повышенной влажности, температуры и воздействия агрессивных сред. В качестве механических передач в приводах отделочного оборудования используют: клиноременные, цепные и зубчатые передачи, редукторы, вариаторы, дифференциалы, муфты и карданные валы.

Современный электропривод отделочного оборудования обеспечивает: плавный разгон до заданной скорости и останов машины; интервал изменения скоростей: от 10 м/мин (ми-

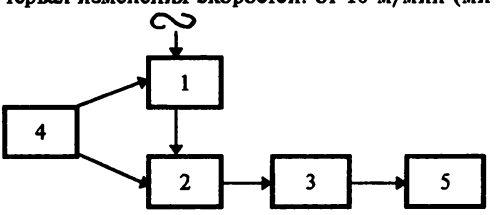


Рис. 1.4.40. Структурная схема электропривода

нимальная заправочная) до максимальной 300 м/мин; плавное регулирование и поддержание постоянной рабочей скорости с точностью не ниже 1 ... 3 % в рабочем диапазоне; постоянство натяжения обрабатываемого материала с точностью до 10 %; дистанционное и централизованное управление приводом в различных режимах работы; сопровождение отдельных режимов работы звуковыми и световыми сигналами.

Для реализации поточных способов производства применяют взаимосвязанный автоматизированный электропривод, обеспечивающий согласование движения рабочих органов технологических машин и стабилизацию параметров обработки текстильных материалов.

Ванны, предназначенные для пропитки материала красящим раствором или аппретом и сбора отжатой жидкости, изготовляют сваркой из листовой коррозионно-стойкой стали или титановых сплавов. Красильная ванна характеризуется модулем - отношением объема жидкости в ванне к массе окрашиваемого материала.

Ванны различают по следующим признакам: способу установки - жестко закрепленные, поворотные и выдвижные; объему раствора - малого (до 120 л) и большого, с вытеснителем; способу обогрева - острым или сухим паром. Для нагревания раствора в ванне (рис. 1.4.41) чаще используют сухой пар *II*, подаваемый в пространство между дном *1* и ложным днищем *2*, соединенных с помощью швеллеров. Швеллера *3* увеличивают жесткость конструкции и для равномерного разогрева раствора их приваривают к дну *1* точечной сваркой. Отвод конденсата *I* из нагревательного устройства ванны осуществляют через термодинамический конденсатоотводчик. Для уменьшения теплопотерь стенки ванны имеют термоизоляцию *4* (стекловолокно, шлаковата и др.). Создание заданной длины заправки ткани достигается с помощью перекатных роликов *5* на подшипниках скольжения или качения *6*. Экономия расхода раствора в ванне достигается применением вытеснителя *7*. Расход пара и необходимую площадь греющей поверхности ванны определяют по уравнению теплового баланса, паровую рубашку проверяют на прочность по методике ГОСТ 14249-89.

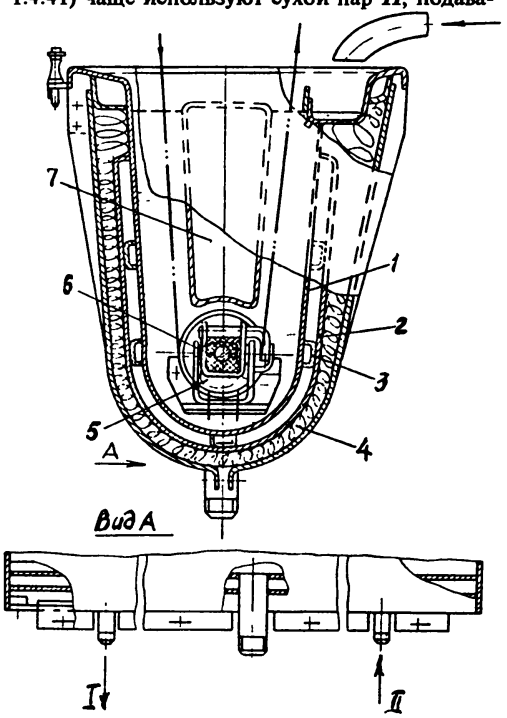


Рис. 1.4.41. Ванна малого объема с вытеснителем

Современные ванны снабжены устройствами для равномерной подачи раствора по ширине полотна, его перемешивания и предотвращения перелива. Управление технологическими параметрами осуществляется средствами для автоматического контроля и регулирования уровня раствора, его расхода, концентрации и температуры. Особенности конструкций специальных устройств рассмотрены в соответствующих разделах энциклопедии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Автоматическое** питание ткацких машин основой и утком / Под ред. В. Н. Аносова, В. А. Орнатской. М.: Легкая индустрия, 1975. 187 с.

2. **Алленова А. П.** Автоматические ткацкие станки СТБ. М.: Легпромбытиздат, 1985. 286 с.

3. **Антонов В. С., Петров Н. А.** Исследование и синтез цикловых диаграмм нитеуловителей станка СТБ 1-250 // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1985. № 5. С. 71 - 74.

4. **Бадалов К. И., Жоховский В. В., Осьмин Н. А.** Прядение хлопка и других текстильных волокон. М.: Легпромбытиздат, 1988. 447 с.

5. **Бельцов В. М.** Оборудование для отделки хлопчатобумажных тканей. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 352 с.

6. **Бельцов В. М.** Технологическое оборудование отделочных фабрик текстильной промышленности. Л.: Машиностроение, 1974. 295 с.

7. **Беркович Н. Ю., Любимов В. А., Канников Н. П.** Шерстоткачество. М.: Легпромбытиздат, 1985. 400 с.

8. **Богомолов В. Ф., Попов Э. А., Тувае-ва А. А.** Оптимизация наладочных параметров

жаккардовых машин для ткацких станков. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 96 с.

9. **Бородин А. И., Бородин В. А.** Подготовка основной пряжи к ткачеству. М.: Легкая индустрия, 1978. 224 с.

10. **Бунин О. А., Васильев Е. И.** Перспективы развития отделочного оборудования. М.: Легпромбытиздат, 1989. 42 с.

11. **Бунин О. А., Малков Ю. А.** Машины для сушки и термообработки ткани. М.: Машиностроение, 1971. 304 с.

12. **Быстров А. М., Глазунов В. Ф.** Многодвигательные автоматизированные электроприводы поточных линий текстильной промышленности. М.: Легкая индустрия, 1977. 198 с.

13. **Варнаков М. Я., Мунблит Я. И.** Жаккардовые машины. М.: Легкая индустрия, 1978. 224 с.

14. **Деханова М. Г., Мшвениерадзе А. П.** Лентоткацкое и плетельное производство. М.: Легпромбытиздат, 1987. 200 с.

15. **Динамика** машин и управление машинами / Под общ. ред. Г. В. Крейнина. М.: Машиностроение, 1988. 240 с.

16. **Задерий Г. Н.** Основные технологические процессы в прядении. Л.: ЛГУ, 1987. 192 с.

17. **Иванов Л. Н., Эфрос В. Л.** Ленточные, ровничные и раскладочные машины для переработки льна. М.: Легпромбытиздат, 1990. 271 с.

18. **Ковалев В. В.** Общая технология льняного производства. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 143 с.

19. **Кожурин И. А.** Оборудование трикотажно-отделочного производства. М.: Легпромбытиздат, 1989. 335 с.

20. **Корнилов В. В.** Использование синусоидального закона торможения плунжера гидравлического демпфера на многозвенных станках СТБУ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1991. № 2. С. 106-110.

21. **Крайнев А. Ф.** Словарь-справочник по механизмам. М.: Машиностроение, 1981. 438 с.

22. **Кудрявцев В. Н.** Планетарные передачи. Л.: Машиностроение, 1986. 307 с.

23. **Льноткачество** / Под ред. Р. Д. Дружининой. М.: Легпромбытиздат, 1985. 423 с.

24. **Мальков Л. А., Алленова А. П.** Кромки в бесчелночном ткачестве // Экспресс-информация. Текстильная промышленность. Вып. 9. ЦНИИТЭИлегпром. 1982. С. 28.

25. **Мельников Б. Н., Кириллова М. Н., Морыганов А. П.** Современное состояние и перспективы развития технологии крашения текстильных материалов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 218 с.

26. **Механическая** технология текстильных материалов / А.Г. Севостьянов, Н.А. Осьмин, В. В. Щербаков и др. М.: Легпромбытиздат, 1989. 512 с.

27. **Митяев Г. Ф., Панов В. А.** Устройство и обслуживание пневматических ткацких станков. М.: Легпромбытиздат, 1987. 231 с.

28. **Мшвениерадзе А. П., Спиридонов Г. К.** Бесчелночные лентоткацкие станки. М.: Легпромбытиздат, 1987. 152 с.

29. **Оборудование** красильно-отделочного производства. Отраслевой каталог. М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1985. С. 660.

30. **Оборудование** для отделки хлопчатобумажных тканей / Под ред. Н. В. Егорова. М.: Легпромбытиздат, 1991. 240 с.

31. **Обработка** металлов резанием. М.: Машиностроение, 1988. 736 с.

32. **Оников Э. А., Заботин А. А., Гальперин А. Л.** Направление развития многозевного ткачества. М.: Легкая индустрия, 1976. 72 с.

33. **Ормирод А.** Современное приготовительное и ткацкое оборудование. М.: Легпромбытиздат, 1987. 216 с.

34. **Орлятская В. А., Кивилис С. С.** Проектирование и модернизация ткацких машин. М.: Легпромбытиздат, 1986. 296 с.

35. **Основы** проектирования машин ткацкого производства / А. В. Дицкий, Р. М. Малафеев, В. И. Терентьев и др. М.: Машиностроение, 1983. 320 с.

36. **Основы** проектирования текстильных машин / Под общ. ред. А. И. Макарова. М.: Машиностроение, 1976. 416 с.

37. **Основы** теории, конструкция и расчет текстильных машин / К.Д. Буданов, А.А. Мартиросов, Э. А. Попов и др. М.: Машиностроение, 1975. 390 с.

38. **Павлов Г. Г.** Аэродинамические основы безверетенных способов прядения М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 168 с.

39. **Пилипенко В. А.** Пневматические механизмы прокладывания нити. М.: Легкая индустрия, 1977. 144 с.

40. **Пневморапирные** ткацкие станки / Под ред. Ю. П. Сидорова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1974. 247 с.

41. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. М.: Недра, 1989. 135 с.

42. **Приводные** системы ткацких станков / И. А. Мартынов, Б. И. Коренев, А. В. Мещеряков и др. М.: Легпромбытиздат, 1991. 272 с.

43. **Прогресс** техники и технологии печатания текстильных материалов / Б. И. Мельников и др. М.: Легкая индустрия, 1980. 262 с.

44. **Проектирование** датчиков для измерения механических величин / Под общ. ред. Е. П. Осадчего. М.: Машиностроение, 1979. 480 с.

45. **Процессы** промывки тканей и методы их интенсификации / Б. С. Сажин, Ф. А. Альтер-Песоцкий, В. А. Реутский и др. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 176 с.

46. **Прошков А. Ф.** Механизмы раскладки нити. М.: Легпромбытиздат, 1986. 248 с.

47. **Прошков А. Ф.** Расчет и проектирование машин для производства химических волокон. М.: Легпромбытиздат, 1982. 406 с.

48. **Прядение** лубяных и химических волокон и производство крученых изделий / В. Г. Комаров, Л. Н. Гинзбург, В. А. Забелин и др. М.: Легкая индустрия, 1980. 493 с.

49. **Прядение** льна и химических волокон: Справочник / Под ред. Л. Б. Карякина, Л. Н. Гинзбурга. М.: Легпромбытиздат, 1991. 543 с.

50. **Прядение** хлопка и химических волокон / Н. Г. Борзунов, К. И. Бадалов, В. И. Гончаров и др. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 376 с.

51. **Расчет** и конструирование машин прядильного производства / А. И. Макаров, В. В. Крылов, В. В. Николаев и др. М.: Машиностроение, 1981. 463 с.

52. **Расчет** шага раскладки на цилиндрических роликах с учетом смещения нити на переходном участке / В. Д. Пятов и др. // Химические волокна. 1986. № 1. С. 41 - 44.

53. **Ротбарт Г. А.** Кулачковые механизмы. Проектирование, динамика и вопросы точности изготовления. Л.: Судпромгиз, 1960. 336 с.

54. **Сажин Б. С., Гудим Л. И., Реутский В. А.** Гидромеханические и диффузионные процессы. / Под общ. ред. Б. С. Сажина. М.: Легпромбытиздат, 1988. 200 с.

55. **Сажин Б. С., Реутский В. Л.** Сушка и промывка текстильных материалов: теория, расчет процессов. М.: Легпромбытиздат, 1990. 223 с.

56. **Самсонов В. С.** Определение параметров настройки фрикционного регулируемого привода роликов // Изв вузов. Технология текстильной промышленности. 1981. № 1. С. 90 - 93.

57. **Самсонов В. С.** Проектирование и исследование пневмофрикционного привода роликовой тканетранспортирующей системы / Проблемы конструирования и технологии изготовления текстильных машин. МТИ. 1983. С. 43 - 47.

58. **Светик Ф. Ф.** Проектирование механизмов раскладки нити. М.: Машиностроение, 1984. 216 с.

59. **Совершенствование** пневморапирных ткацких станков / И. А. Мартынов, Б. И. Корнев, В. С. Мазинов, А. В. Мещеряков. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 264 с.

60. **Современная** технология и оборудование для мокрого прядения льна / Л. Б. Карякин, В. В. Живец, Н. Д. Королева и др. М.: Легпромбытиздат, 1985. 76 с.

61. **Спиваков В. Е.** Новый способ штапелирования жгутовых химических нитей. М.: Легкая индустрия, 1976. 215 с.

62. **Справочник** по прядению льна / Под общ. ред. С. В. Тарасова. М.: Легкая индустрия, 1979. 375 с.

63. **Справочник** по хлопкопрядению / В. П. Широков, Б. М. Владимиров, Д. А. Полякова и др. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1985. 472 с.

64. **Станки** ткацкие бесчелночные СТБ. М.: Внешторгиздат, 1985. 116 с.

65. **Станки** ткацкие бесчелночные с малогабаритными прокладчиками утка СТБ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, настройке, регулировке и ремонту. М.: Внешторгиздат, 1983. 116 с.

66. **Степанов Г. В.** Станки АТПР: устройство и расчет параметров. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 190 с.

67. **Талавашек О., Святый В.** Бесчелночные ткацкие станки: Пер. с чеш. М.: Легпромбытиздат, 1985. 335 с.

68. **Тарасов С. В.** Прядение льна и других лубяных культур. М.: Легкая индустрия, 1980. 408 с.

69. **Теплоиспользующие** установки в текстильной промышленности: Учеб. для вузов / Е. А. Ганин, С. Д. Коренев, И. П. Корнюхин, В. И. Щербаков. М.: Легпромбытиздат, 1989. 392 с.

70. **Терентьев О. А., Конохова Э. П.** Перспективы создания высокопроизводительных ткацких станков многоцелевого назначения. М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1986. 64 с.

71. **Хлопкоткачество:** Справочник. / П. Т. Букаев, Э. А. Оников, Л. А. Мальков и др.; Под ред. П. Т. Букаева. М.: Легпромбытиздат, 1987. 576 с.

72. **Шерстоткачество:** Справочник. / С. И Разумовская, И. Н. Петрова, Л. А. Зыбина и др. М.: Легпромбытиздат, 1988. 368 с.

73. **Шпитцнер К.** Печатание текстильных материалов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 206 с.

74. **Эфрос Б. Е.** Механика и конструктивные расчеты ровничных машин. М.: Машиностроение, 1967. 199 с.

РАЗДЕЛ 2

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ТРИКОТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПРОИЗВОДСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Глава 2.1

МАШИНЫ И АВТОМАТЫ ТРИКОТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

2.1.1. КРУГЛОВЯЗАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Кругловязальные машины осуществляют формирование из нити различных изделий (полотна, чулок, носков и т.д.) с заданными петельной структурой, рисунком, размерами и свойствами. Основным отличительным признаком кругловязальной машины является наличие одного или двух цилиндров с продольными пазами, в которые установлены язычковые, крючковые или движковые иглы, или на котором с определенным шагом неподвижно закреплены иглы. Число пазов (игл) на единицу длины игольного цилиндра определяет класс машины. Диаметр игольного цилиндра изменяется в широких пределах.

Процесс выработки полотна (изделия) осуществляется в результате последовательного взаимодействия петлеобразующих органов с нитью при перемещении вязальных игл возвратно-поступательно в пазах игольного цилиндра (цилиндров) или диска или при неподвижном закреплении игл в цилиндре при взаимодействии их с платинами.

Условно кругловязальные машины по диаметру игольного цилиндра делят на две группы: большого диаметра - свыше 165 мм (6,5″) и малого диаметра - менее 165 мм. Последние относят к кругловязальным чулочно-носочным автоматам. Различают два основных типа вязальных, в том числе кругловязальных машин - однофонтурные и двухфонтурные. Однофонтурная кругловязальная машина имеет один игольный цилиндр и игольницу (рис. 2.1.1, *а*). Двухфонтурная кругловязальная машина снабжена двумя игольницами (рис. 2.1.1, *в*). Вторая игольница может быть выполнена в виде диска с радиально расположенными пазами, в которые установлены трикотажные иглы, или в виде дополнительного игольного цилиндра, расположенного коаксиально первому таким образом, что пазы первого цилиндра находятся напротив пазов второго цилиндра. В последнем случае машину называют двухцилиндровой кругловязальной машиной (рис. 2.1.1, *б*).

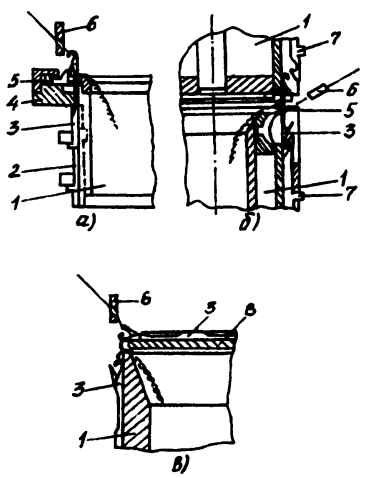


Рис. 2.1.1. Основные типы кругловязальных машин:
а - однофонтурная; *б* - двухцилиндровая;
в - двухфонтурная;
1 - игольный цилиндр; *2* - толкатель; *3* - язычковая игла; *4* - платинное кольцо; *5* - платина; *6* - нитевод; *7* - игловод; *8* - игольный диск

Кругловязальные машины при наличии определенных технологических возможностей изменения ассортимента вырабатываемого полотна (технологической гибкости) специализированы по основным типам структур переплетений вырабатываемого трикотажа: одинарного, двойного, изнаночного, начиная от простейших структур и кончая сложными комбинированными рисунчатыми переплетениями. Типаж одно- и двухфонтурных машин включает более 70 наименований специализированных машин, обеспечивающих изготовление изделий самого широкого ассортимента и назначения: бельевых и верхних трикотажных, для спорта и отдыха, для взрослых и детей, подкладочных материалов, домашнего обихода и др.

Иглы двухфонтурных машин расположены в шахматном порядке, обычно при смещении осей пазов на 1/2 игольного шага (ластичная расстановка игл) или соосно друг другу (интерлочная расстановка игл). На двухцилиндровых машинах оси пазов игольных

цилиндров соосны друг другу, а иглы расположены в первом или во втором цилиндрах.

В зависимости от расстановки игл различают ластичные, интерлочные и двухцилиндровые (двухизнаночные) кругловязальные машины. По способам производства трикотажных изделий кругловязальные машины подразделяют на машины для выработки полотна и машины для изготовления заготовок (купонов) или деталей изделий. Во втором случае обычно получают непрерывное полотно (ленту) с разделительными рядами, разделенными нитью, при удалении которой заготовки разъединяются. Полотно вырабатывают в трубчатом виде или в разрезанном и формируют в один или два рулона или в "книжку".

Процесс петлеобразования на кругловязальных машинах может осуществляться при различном направлении вращения игольного цилиндра (по часовой или против часовой стрелки), а также при неподвижном цилиндре и различном направлении вращения нитеводителей или шпулярника. При подвижном игольном цилиндре вращается товароприемный механизм, при неподвижном - шпулярник. В зависимости от этих признаков кругловязальные машины подразделяют на машины с вращающимся игольным цилиндром (товароприемником) и с вращающимся шпулярником (с вращающимися и неподвижными замками).

Кругловязальные машины различают по типу применяемых игл: с язычковыми, крючковыми, движковыми иглами, подвижными или неподвижными относительно игольницы. Определяющими признаками однофонтурных машин являются способ петлеобразования (трикотажный, вязальный), особенности петлеобразования, например наличие встречных законов выполнения операций, постоянная или переменная отбойная поверхность, а двухфонтурных - временные факторы выполнения операций: синхронное, с запаздыванием или опережением, наличие распределения петель.

Основные технические и технологические характеристики кругловязальных машин. К показателям назначения (технологическим возможностям) относятся следующие:

вид продукции - полотно трубчатое или в разрезанном виде (с одной или двух сторон), купоны или детали изделий; область использования материала (верхний трикотаж, бельевой и т.п.);

вид товарной паковки - полотно, намотанное в рулон или уложенное в "книжку";

структуры переплетения (в виде графической записи по рядам переплетения) - размер раппорта узора или рисунка;

вид и линейная плотность используемого сырья - пряжа из натуральных волокон, смешанная пряжа, нить одиночная или крученая и др.;

рекомендуемая типовая заправка машины - переплетение, линейная плотность нити (пряжи), число нитей в заправке, поверхностная плотность полотна, ширина.

К технической характеристике машины относятся:

класс машины - число игл в игольнице, приходящееся на единицу длины, обычно 25,4 мм;

диаметр игольного цилиндра (мм или " английский). Различают фактический диаметр игольного цилиндра, равный диаметру окружности, к которой прилегают спинки игл в игольном цилиндре, и номинальный диаметр игольного цилиндра, полученный путем округления фактического диаметра до числа, кратного определенному числу, принятому для данного типа машины;

число игл в игольнице - фактическое и расчетное. Расчетное число игл в игольнице $Z_и=\pi dK$ (где d - номинальный диаметр игольного цилиндра, "; K - класс машины). Широко известны таблицы для определения числа игл в зависимости от класса машины и диаметра игольного цилиндра;

число петлеобразующих систем z - один из главных показателей технологических возможностей кругловязальных машин, фактор производительности. Петлеобразование обеспечивает вязальный механизм трикотажных машин при выработке производных, комбинированных и рисунчатых переплетений; петлеобразующую систему образует комплект (набор) систем. Кроме основных петлеобразующих систем кругловязальные машины оснащают дополнительными (специальными) системами и замками: для сброса петель, открывания язычков игл, прокладывания специальных нитей, группового отбора игл и др. Количество петлеобразующих систем должно быть кратно числу систем, входящих в комплект. Наиболее распространенный ряд чисел z: 36, 48, 64, 72, 84, 96, 120 для кругловязальных машин большого диаметра;

модуль систем - число, полученное делением общего числа петлеобразующих систем на диаметр игольного цилиндра ("). Обычно этот показатель округляют с точностью до десятых долей. Наиболее распространены кругловязальные машины для производства полотна диаметром 26 ÷ 30", а также машины для производства купонов диаметром 33". Известны кругловязальные машины с диаметром цилиндра 40, 54 и 60". Машины по типоразмерам и параметрам образуют конструктивные ряды с высокой степенью унификации и возможностью рекомбинации. Изменение диаметра связано главным образом с

необходимостью получения полотна определенной ширины;

число систем и игл в игольном цилиндре, используемое при расчете производительности кругловязальных машин, проектировании рисунка. С развитием конструкций кругловязальных машин повышался их класс и увеличивалось количество петлеобразующих систем. Модуль систем современных машин 3,2 ÷ 3,6 (до 4), класс - 28, 32 (до 42);

линейная плотность $T_к$ *нитей* - косвенная оценка их толщины. Чем выше класс машины, тем более тонкую нить необходимо использовать; $T_к \le a/K^2$ (где a - некоторое число; K - класс машины). Для однофонтурных машин a = 10 600÷15 700 в зависимости от сложности переплетения; для двухфонтурных в среднем a = 8860. Повышение класса машин и снижение линейной плотности нити - главное направление снижения материалоемкости полотен;

частота вращения игольного цилиндра (мин$^{-1}$). Для современных кругловязальных машин, снабженных бесступенчатым регулируемым приводом, максимальная рабочая частота вращения игольного цилиндра диаметром 30″ составляет 50 мин$^{-1}$ (1,8 м/с) при модуле систем 3,2.

Косвенными (расчетными) характеристиками кругловязальных машин являются: линейная скорость игольного цилиндра v (м/с), игольный шаг $t_и$ (мм). Скорость современных кругловязальных машин при выработке полотен главных переплетений 1,6 ÷ 1,7 м/с.

Для кругловязальных машин, предназначенных для выработки деталей изделий при реверсивном движении нитеводителей, в качестве характеристик указывают ширину игольницы $L = Z_и t$ (где $Z_и$ - число игл, $t_и$ - игольный шаг), а также частоту n_x ходов нитевода в единицу времени или линейную скорость нитевода.

Параметрами эффективности технологии являются:

частота образования трикотажа (скорость вязания) - число рядов в минуту. Определяется соотношением $W_р = nz$ (где n - частота вращения игольного цилиндра);

линейная скорость нити (м/с) $v_н = \frac{1}{6} 10^4 l n Z_и$ (где l - длина нити в петле; для двухфонтурных машин учитывается суммарное число игл в обеих игольницах);

теоретическая производительность кругловязальной машины $Q_т$ - количество вырабатываемого полотна или изделий в единицу времени (кг/ч, м/ч, м^2/ч, изделий/ч):

$$Q_т = 6 \cdot 10^{-8} n\ z\ l\ Z_и\ T_к;$$

$$Q_т = 6 \cdot 10^{-2} n\ z\ B;$$

$$Q_т = 6 \cdot 10^{-5} n\ z\ A\ B\ Z_и,$$

где B - высота петельного ряда, мм; A - петельный шаг, мм. Современная кругловязальная машина с диаметром игольного цилиндра 30 ″ класса 28 может вырабатывать до 130 ... 160 м^2 полотна в час (или 20 ... 25 кг/ч).

Коэффициент использования машины во времени и коэффициент загрузки оператора при обслуживании машины (или группы машин) - основные характеристики кругловязальной машины, отражающие ее технический уровень. Эти показатели зависят как от характеристик конструктивной надежности машины, степени ее автоматизации, так и от свойств реализуемых технологических процессов: технологической точности и надежности.

Время на перезаправку машины (перепрограммирование), изменение структуры полотна - важные показатели ее технического уровня и технологической гибкости.

Структура процесса вязания и основные его свойства. Формирование из нити трикотажных изделий на кругловязальной машине - сложный многофункциональный технологический процесс. Структура этого процесса предусматривает обеспечение определенных условий манипуляций с нитью, петлями и формируемым полотном с целью осуществления нормальных условий петлеобразования, структурообразования, образования рисунка, получения необходимых размеров и свойств, а также возможность контроля процесса и предупреждения дефектов (брака).

Структура процесса вязания включает следующие операции: сматывание нити с паковки; перемещение нити по элементам нитепроводящей системы; подачу нити; структурообразование полотна, включая петлеобразование при взаимодействии нити и петель с петлеобразующими органами машины; отвод полотна из зоны петлеобразования; формирование товарной паковки.

Основной параметр начальных условий процесса вязания - глубина кулирования h. В условиях пассивной нитеподачи глубина кулирования - основной фактор, определяющий длину формируемых в процессе петлеобразования петель. В условиях дозированной заданной скорости подачи нити глубина кулирования используется как регулируемый параметр для изменения входного натяжения нити. Тип переплетения, рисунок полотна, состав изделия задаются с помощью программы (программоносителей). Режим вязания (выработки) полотна определяется заданием начальных условий настройки (наладки) машины и определенных параметров, относящихся к нити, петлям и полотну. От правильности выбора параметров режима вязания зависят такие его

свойства, как технологическая точность, надежность, стабильность, качество изготовляемого полотна, уровень брака (дефектности), фактическая производительность. Выбор начальных условий процесса вязания предопределяет обеспечение необходимых требований к сматыванию нити с паковки, заправке нити в элементы нитепроводящей системы, в нитеподающие устройства, нитеводители и обеспечение определенного взаимного кинематического положения петлеобразующих органов. Важнейшие параметры начальных условий процесса вязания - расстояние между игольницами (размер зева), смещение операций процесса петлеобразования, осуществляемых на иглах диска и цилиндра (степень распределения), петельный и игольный углы подачи нити, определяемые установкой нитеводов или нитеводительного кольца.

На двухфонтурных кругловязальных машинах размер формируемых петель зависит от соотношения глубины кулирования иглами каждой из игольниц (диска и цилиндра) и степени распределения петель между пассивной и активной игольницами.

К параметрам режима вязания на двухфонтурных кругловязальных машинах относятся:

входное натяжение нити T_0, сН, в зону петлеобразования. Оптимальное натяжение определяют из расчета T_0 = 0,1 сН/текс, однако минимальное натяжение должно быть не менее 2 ÷ 3 сН. Имеются определенные условия, когда переработка нити при повышенных значениях натяжения повышает надежность процесса петлеобразования и качества изготовляемой продукции;

скорость подачи нити v, м/с. Если длина нити в петле l (или длина уработки нити при перемещении игольного цилиндра на величину игольного шага), то при числе игл $Z_и$ в цилиндре (или обеих игольницах) $v = \frac{1}{6} 10^{-4} l \times$ $\times n Z_и$;

длина уработки нити $L_н$, м, за один оборот игольного цилиндра вязания простых переплетений $L_н = 10^{-3} l Z_и$. В условиях дозированной подачи такую длину необходимо подать нитеподающим устройствам в зону петлеобразования;

длина наработки полотна за один оборот цилиндра $L_п = 10^{-3} B z_к$, (где B - высота петельного ряда, мм; $z_к$ - число систем, образующих полный ряд). Без учета растяжимости полотна при его оттяжке скорость отвода (оттяжки) полотна, м/с, $v_0 = \frac{1}{6} 10^{-2} B z_к n$;

сила оттяжки полотна определяется из расчета нагрузки на одну петлю и находится в диапазоне 5 ... 15 сН;

технологическая точность - свойство процесса вязания, обусловливающее близость действительных и номинальных параметров производимой продукции (например, структурных параметров - длины нити в петле, показателей плотности петель, поверхностной плотности полотна, размеров и пр.). Если в качестве оценки параметра a использовать его оценку $\bar{x}$, то величину ε, при которой $|a - \bar{x}| < \varepsilon$, называют точностью оценки $\bar{x}$, а вероятность того, что это условие выполняется, - достоверностью ее, т.е. $P(|a - \bar{x}| < \varepsilon) = \alpha$. Статистический анализ параметров производимой продукции позволяет получить оценки технологической точности. Основными оценками являются показатели технологической точности по длине нити в петле;

технологическая надежность процесса вязания - свойства выполнять заданные функции, сохраняя показатели качества и ритм выпуска готовой продукции в заданных пределах в течение заданного промежутка времени. В общем виде задача при оценке технологической надежности сводится к определению вероятности выполнения задания по параметру $y(t)$, который должен находиться в пределах допустимых значений $P\{b_{min} \le y(t) \le b_{max}\} = \alpha(t)$. Косвенной оценкой технологической надежности является интенсивность отказов - вероятность возникновения отказов в единицу времени. Одна из основных форм внезапного отказа - обрывность при вязании.

Улучшение показателей технологической точности и надежности связано с постоянным конструктивным усовершенствованием основных функциональных механизмов кругловязальных машин: вязального механизма, нитеподающих устройств, программного контроля, систем пухоудаления, автоматического смазывания и др.

Типовые механизмы кругловязальных машин. Конструкция кругловязальных машин определяется функцией основных его деталей, узлов (сборочных единиц) и механизмов, особенно вязального механизма, обеспечивающего петле- и структурообразование. Кроме функциональных органов машина имеет: остов; электропривод и систему передаточных и исполнительных устройств для приведения в движение функциональных органов; механизм управления; систему контроля неисправностей и отказов при работе машины, обеспечения безопасной работы; систему индикации неисправностей и отказов (включая диагностику); вспомогательные устройства (смазочную систему машины, пухоудаление).

Техническое усовершенствование кругловязальных машин направлено на обеспечение технологической гибкости процесса вязания,

ориентировано на использование микропроцессорных устройств, микроЭВМ в целях управления и диагностики, независимых приводов функциональных устройств и механизмов, индивидуального управления работой петлеобразующих органов, а также автоматизации всех операций процесса вязания (включая замену паковки, заправку нити и кончая съемом товарной паковки).

Вязальный механизм обеспечивает образование элементов структуры трикотажа (петель, набросков, протяжек) при выработке простых, производных, комбинированных, рисунчатых и сложных комбинированных переплетений с получением рисунчатых, узорных, рельефных и цветных эффектов.

Вязальный механизм содержит: петлеобразующие органы; привод петлеобразующих органов; узорообразующий механизм; шпулярник; нитепроводящую систему; систему нитеподачи; устройство натяжения и отвода полотна (изделия); товароприемное устройство.

Непосредственное формирование элементов структуры трикотажа осуществляется механическим способом петлеобразующими (рабочими) органами кругловязальной машины: вязальными иглами, платиной, отбойными зубьями, нитеводами, прессом. Вязальная игла обеспечивает автоматическое петлеобразование.

Основной элемент вязальной иглы - стержень с крючком (головкой). Иглы взаимозаменяемы (однородны), имеют высокие точность по размерам и форме, прочность и износостойкость, а также малую высоту неровностей поверхности ($Ra \approx 0{,}8 \div 1{,}6$ мкм). Отклонение размеров и формы приводит к выработке трикотажа, неоднородного по структуре, а большая высота микронеровностей вызывает повышенные силы трения в процессе петлеобразования, обрывность нити и износ игл. Стержень иглы должен иметь определенную упругость с возможностью при необходимости необратимой деформации, подгибки иглы. Иглы, которые взаимодействуют с приводными клиньями, должны иметь меньшую твердость ($56 \div 58$ $HRC_э$) и износостойкость, чтобы происходило их более быстрое изнашивание по сравнению с клиньями.

Иглы изготовляют из проволоки или ленты (штампованные) из высоколегированной стали У8А и У10А. Известны способы петлеобразования без вязальных игл, например, с использованием в качестве рабочего органа струи сжатого воздуха.

Крючковая игла выполнена в виде стержня *5* с удлиненным пружинистым крючком *2* (рис. 2.1.2, *а*). При закрывании (прессовании) крючковой иглы кончик ее утапливается в выемке и петля переходит со стержня на участок головки иглы. Крючковая игла

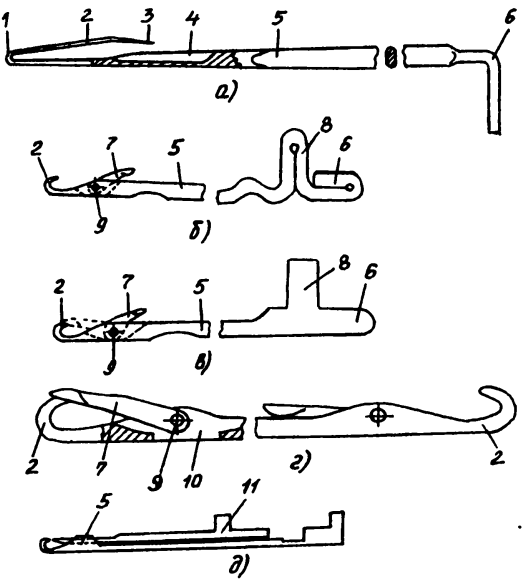


Рис. 2.1.2. Типы игл:
а - крючковая; *б* - язычковая проволочная; *в* - язычковая штампованная; *г* - двухголовочная; *д* - составная; *1* - головка; *2* - крючок; *3* - острие; *4* - выемка; *5* - стержень; *6* - хвостовик; *7* - язычок; *8* - пятка; *9* - ось; *10* - паз; *11* - замыкатель

обеспечивает выполнение операций процесса петлеобразования при взаимодействии с прессом (детали, выполненной в виде пластины, кромка которой взаимодействует с крючком).

Язычковая игла имеет язычок, установленный на специальной оси *9* (осях) с возможностью вращения в пазу стержня при взаимодействии с нитью или петлей (рис. 2.1.2, *б*, *в*). Специальный тип двухголовочных язычковых игл используется на двухцилиндровых кругловязальных машинах (рис. 2.1.2, *г*).

Составная игла (движковая) имеет пазовый стержень *5* с крючком и замыкатель *11* (движок), установленный с возможностью принудительного перемещения в пазу стержня для перекрытия и открытия крючка. Пятки стержня и замыкателя в движение приводятся от клиньев замков вязальной системы.

Отличия головок и язычков игл по форме и размерам связаны с особенностями процесса петлеобразования и структурой переплетения. Иглы могут отличаться по высоте пяток (с высокими и низкими пятками), по уровню положения пяток по длине иглы, по числу пяток (три - четыре). Число игл, различающихся геометрией головок, размерами и положением пяток, образует комплект. При комплекте из двух игл применяют иглы двух позиций и т.д. Необходимость в улучшении динамических условий работы игл привела к созданию антиударных игл с наличием раз-

личных видов клинообразных выступов или криволинейных профилей стержня, подвижных пяток игл и др. Специальные иглы с ширителями или выемками (камерами) в стержне используют для выполнения операций переноса петель с игл одной игольницы на вторую и наоборот.

Платина - тонкая пластинчатая деталь - располагается между вязальными иглами с одинаковым зазором между ними. Число платин определяется классом однофонтурной машины и диаметром игольного цилиндра. Головка платины в зависимости от способа петлеобразования обеспечивает при взаимном (в том числе встречном) перемещении относительно иглы изгибание нити (кулирование), удержание или перемещение старых петель и отвод (оттяжку) образуемых петель. Прямоугольный выступ (пятка) или выемка служат для привода платин при взаимодействии с клиньями платиновых замков. Нижняя грань горловины образует отбойную поверхность, которая служит опорой при изгибании нити. Головка специальных платин может иметь различную геометрию.

Платины для кругловязальных машин размещают в пазах платинного кольца, расположенного снаружи от игольного цилиндра. Под действием замков платины получают прямолинейное или плоскопараллельное возвратно-поступательное движение перпендикулярно к иглам или под малым углом (примерно 20°) к горизонтали (при реализации *Z*-технологии). Поворотные платины (с возможностью углового перемещения) размещают в пазах игольного цилиндра соосно с иглами или рядом с ними при реализации технологии встречного петлеобразования (кулирования). Вследствие малой толщины головка платины и ее пятка подвергаются интенсивному изнашиванию, что может привести к образованию дефектов и нарушению процесса петлеобразования. В зависимости от геометрии головок, положения и высоты платины бывают одно-, двух- и многопозиционные.

Отбойный зуб - неподвижная простейшая платина, выполненная отдельно или как одно целое со стенками (перегородками), образующими пазы игольниц. Наружная торцовая часть отбойного зуба (отбойная поверхность) взаимодействует с нитью при кулировании. Отбойные зубья соединены между собой поперечной связью ниже плоскости перемещения игл с целью обеспечения сбрасывания новых петель, создания опорной поверхности для их остовов при оттяжке (отводе) полотна.

Нитевод служит для подачи нити в зону взаимодействия игл и (или) платин с целью прокладывания на иглы или непосредственного введения в структуру трикотажа. Нитеводы различаются размерами и конфигурацией: трубчатые, прямоугольные, пластинчатые, типа "сапожок", роликовые и др. Нитевод может быть неподвижен относительно игл, установлен с возможностью программного перемещения, регулирования, включения и выключения из работы при смене нитей или заправке нити в него. Наиболее типичная конструкция нитевода - "сапожок". В направлении перемещения игл нитевод снабжают заостренным клином, наружная поверхность которого имеет малую шероховатость, что предотвращает повреждение язычков игл при их взаимодействии.

Нитевод может иметь один или несколько нитеводительных каналов. Их расположение и направление определяются структурой переплетения, способом петлеобразования (например, синхронное или с распределением), необходимостью прокладывания нити на иглы одной или двух игольниц. При выборе размеров нитеводительного канала необходимо учитывать высокую точность прокладывания нити, а также вероятность ее обрыва при наличии утолщений. При малом размере отверстия затруднена заправка нити и происходит засорение его пухом. Нитеводительный канал должен быть износостойким, иметь малую шероховатость поверхности; наличие острых граней и трещин часто является основной причиной дефектов вырабатываемого полотна и обрывности пряжи.

Нитеводители прикреплены к промежуточным кронштейнам с возможностью индивидуального регулирования на нитеводительном кольце, которое устанавливают с возможностью одновременного (централизованного) регулирования всех нитеводов. Нитевод устанавливают в достаточно узкой по протяжности зоне в непосредственной близости к вязальным иглам, поэтому форму нитевода и его граней выбирают таким образом, чтобы устранить поломку язычков игл, в том числе в случае, если их положение не контролируется петлей (например, при обрыве петель). Положение нитеводительного отверстия относительно игл определяется петельным и игольным углами подачи нити.

Положение нитеводителя обычно регулируют при изменении глубин кулирования в случае, если кулирные клинья перемещаются вертикально. Пределы регулирования нитеводов определяются условиями прокладывания нити под крючок иглы и устранения "эффекта ножниц" при взаимодействии нити с язычком иглы. Условие прокладывания нити ухудшается при выработке структур, содержащих удлиненные протяжки, например, при вязании неполных переплетений, а также жаккардовых, когда одна игла или несколько не участвуют в петлеобразовании. При частичном обрыве петель полотна нормальное прокладывание нити под крючок нарушается для игл с закрытыми язычками. Открывание язычков обычно

проводится вручную с помощью щеток или автоматически при установке их на пути движения головок игл перед нитеводителями. Одно из современных технических решений - выбор условий прокладывания нити, при которых игольный угол подачи близок к нулю, когда прокладываемая нить при взаимодействии с язычком открывает его. Нитеводитель при этом располагают за пределами траектории перемещения игл между системами, а нить заправляют изнутри нитеводительного кольца. Дополнительно преимущество конструкции - улучшенный обзор зоны петлеобразования, устранение случаев поломки язычков.

Роликовые нитенаправители применяют при переработке высокорастяжимых нитей (типа лайкры) или нитей с высокими фрикционными свойствами. Обычно ролик устанавливают на подшипник и снабжают V-образным нитенаправляющим каналом. Если геометрия ветвей нити на входе и выходе канавки меняется, то угол образующих канавки рекомендуется принимать равным 90°. При вязании в петлеобразующих системах различных петельных структур положение нитеводителей и условия прокладывания нити существенно различаются, например, при выработке комбинированных переплетений, когда в одних системах образуются петли одинарного, а в других - двойного трикотажа. Регулирование временных параметров формирования и распределения петель (синхронное, с запаздыванием или опережением) вызывает часто необходимость корректировки положения нитеводов. При выработке двух- или трехниточных структур (платированных, плюшевых, футерованных и других переплетений) условия прокладывания нити более жесткие.

Нитеводители с программным приводом применяют в специальных однофонтурных кулирно-основовязальных машинах. Нитеводитель выполняют в виде плоского поворотного рычага, который при перемещении его нитеводительного отверстия вокруг головки иглы прокладывает нить на отобранные иглы цилиндра (способ "обкрутки" иглы).

К *игольно-платинным изделиям* относятся: толкатели, игловоды, передаточные звенья.

Передаточное звено - пластинчатая деталь прямоугольной или сложной конфигурации, предназначенная для передачи движения игле или платине от замка или механизма отбора (узорообразующего механизма).

Игловод - передаточное звено, предназначенное для возвратно-поступательного перемещения иглы. Игловоды для двухголовочных игл снабжены головкой с выемкой, удлиненным стержнем, одной или несколькими пятками и установлены с возможностью перемещения в пазу цилиндра и углового смещения с целью захвата выемкой крючка иглы или размыкания с ним. Профиль головки игловода для двухголовочных игл имеет мысик, обеспечивающий открывание язычка при захвате головки иглы, а при взаимодействии с кулирным клином - размыкание с нею. Известны игловоды, соединенные с обычной (одноголовочной) язычковой иглой шарнирно или образующие в зацеплении замок.

Толкатель - передаточное звено, снабженное одной или многими пятками, устанавливаемое в пазу цилиндра с возможностью продольного или углового перемещения для отбора игл и (или) игловодов в соответствии с заданной программой. Для отбора игл с целью образования рисунка применяют многопозиционные по уровню расположения пяток толкатели. При выработке рисунчатого плюша на однофонтурных машинах используют также многопозиционные толкатели Т-образной формы с пятками, расположенными на торце, которые устанавливают напротив платин с возможностью их перемещения и отбора. Типичная расстановка пяток толкателей диагональная (/) или симметричная (Λ-образная). Поворотные толкатели часто устанавливают в пазы подпружиненными.

Устройства для привода в движение петлеобразующих органов. В качестве привода петлеобразующих и исполнительных органов трикотажных машин применяют механические, электрические, гидравлические и другие устройства. Использование для перемещения игл индивидуальных линейных электродвигателей, а также электропьезопреобразователей создает возможности программного управления процессом петлеобразования и повышает скорости режимов вязания.

Клин обеспечивает перемещение игл, платин и толкателей в пазах игольницы в результате взаимодействия его рабочей наклонной поверхности с пятками игл. Параметр шероховатости рабочей поверхности клиньев $Ra = 1{,}6 \div 2{,}5$ мкм. Их изготовляют из легированной стали ШХ15, Х12Ф1 твердостью 62 ÷ 64 $HRC_э$. Клинья, расположенные сверху и снизу от пятки иглы, образуют канал для прохождения пяток (пяточный или замковый).

Совокупность клиньев для перемещения петлеобразующих органов в пределах одной петлеобразующей системы образуют замок вязальной машины. Различают игольные и платинные замки, а также замки, которые участвуют в процессе индивидуального отбора толкателей. Основная функция игольного замка - обеспечение перемещения игл по трем возможным траекториям для образования основных элементов структуры трикотажа: петель, набросков и протяжек. Дополнительные функции игольного замка на двухфонтурной машине - перемещение игл по траекто-

риям, необходимым для переноса петель, а также функции группового отбора игл, имеющих различную высоту пяток.

Замки вязальных машин обеспечивают трехуровневое перемещение игл: вывод их головок на "уровень заключения", "без заключения", или перемещения на "уровне отбойной поверхности" (уровень "невязания"). Замки кругловязальных машин расположены снаружи игольниц с минимальным постоянным зазором между клиньями и поверхностью игольницы в виде кольцевых блоков, которые прикреплены к столу машины вокруг игольного цилиндра или блоков секторов. Последние крепят к плоскому кольцу или диску (планшайбе) над игольным диском. Замковое кольцо и планшайба снабжены узкой вставкой с направляющими клиньями с возможностью ее быстрого закрепления. При удалении вставки образуют "окно", через которое производят установку новых или замену поврежденных игл.

Для привода многопозиционных игл, отличающихся положением пяток по длине стержня, применяют двух- и многоярусные (многоканальные) замки с несколькими замковыми (пяточными) каналами. В каждой петлеобразующей системе обеспечивается трехуровневый отбор игл, в том числе путем переключения поворотных клиньев или замены набора комплекта клиньев в соответствии с вырабатываемым переплетением. Наибольшее распространение получили многоярусные (многоканальные) замки при создании двухфонтурных интерлочных машин и однофонтурных кругловязальных машин. Клинья по точности изготовления должны быть взаимозаменяемыми. Простейшие клинья имеют рабочую прямолинейную поверхность. Конфигурация пяточного канала замков из таких клиньев образована отрезками прямых линий; при этом минимальная ширина канала зависит от размера пяток игл, угла наклона рабочей поверхности клина и толщины иглы. Протяженность таких замков для петлеобразующей системы ориентировочно можно найти из геометрического соотношения

$$L_c = h_{max}(\mathrm{ctg}\psi_п + \mathrm{ctg}\beta_к),$$

где h_{max} - максимальное перемещение иглы в процессе петлеобразования; $\psi_п$ - угол подъема клина; $\beta_к$ - угол опускания (кулирования) клина.

При изменении направления перемещения иглы возникают ударные взаимодействия пятки иглы с клином. Динамика привода игл более благоприятна для клиньев криволинейного профиля, которые применяют для высокоскоростных машин. Предельные углы подъема и опускания клиньев 62 - 65°.

Различают замки закрытого и открытого типов. У замков закрытого типа пяточный (замковый) канал образован непрерывным рядом сопрягаемых между собой верхних и нижних клиньев; при этом ширина канала в направлении перемещения игл постоянная. В местах сопряжения клиньев конструктивный зазор не должен быть больше толщины иглы или платины. Игла, свободно установленная в пазу игольницы, при изменении направления перемещения принудительно с высокой точностью удерживается на заданной траектории.

У замков открытого типа замковый (пяточный) канал отсутствует или имеет переменную ширину или окна, открытые сверху или снизу канала, в которые пятка игл может "проваливаться" или перемещаться под действием веса или сил инерции, что вызывает изменение траектории перемещения иглы, нарушение операций петлеобразования или поломку пяток. Обычно на таких машинах применяют иглы с подгибкой ее стержня или хвостовика (фрикционного типа) для создания сил трения при их продольном перемещении. Замкнутые замки могут быть образованы криволинейным клином постоянной ширины, охватываемым сверху и снизу двумя пятками игл или прямоугольной выемкой игл или платин.

В зависимости от положения иглы и операций процесса петлеобразования различают кулирные, подъемные, направляющие и ограничительные клинья. Проектирование (в том числе со сложными нелинейными траекториями перемещения игл) осуществляется с использованием ЭВМ. Клинья могут быть установлены неподвижно, с возможностью их поворота (поворотные) или перемещения в направлении перпендикулярном к плоскости клина (утапливаемые клинья). Последние применяют для группового отбора игл, отличающихся высотой пяток.

Кулирный клин - клин замка, обеспечивающий перемещение иглы при изгибании (кулировании) нити относительно граней платин, отбойных зубьев, образующих отбойную плоскость. Максимальное перемещение внутренней поверхности крючка иглы относительно отбойной поверхности определяет глубину кулирования и в основном влияет на длину и скорость нити, расходуемой в процессе петлеобразования. Кулирный клин перемещают и регулируют глубину кулирования с целью изменения длины нити в петле или входного натяжения нити (в условиях дозированной подачи с заданной скоростью). Регуляторы положения кулирных клиньев обычно выполняют в виде кулачковых пар с регулировочным винтом, силовым или кинематическим замыканием и снабжают индикаторной шкалой перемещений. Машина может быть оснащена

централизованной системой регулирования глубины кулирования.

Нижняя часть клина может быть остроугольной или криволинейной, снабжена площадкой, что влияет на механические условия кулирования нити и длину формируемых петель. Нить при кулировании поступает со стороны нитевода (прямая подача) и со стороны образованных предыдущих петель (обратная подача). Обратная подача, выраженная в процентах - перетяжка нити. При наличии площадки в нижней части кулирного клина криволинейной конфигурации более двух игольных шагов обратная подача практически отсутствует и перетяжка близка к нулю. Эти условия при пассивной подаче обеспечивают получение более равномерной структуры трикотажа, однако вызывают более напряженные условия петлеобразования.

Остроугольные кулирные клинья применяют при переработке одиночной нити с целью снижения обрывности из-за узлов и утолщений. Перемещение кулирного клина при регулировании в направлении игольных пазов вызывает изменение условий прокладывания нити. Возникающие нарушения устраняются корректировкой положения нитеводов.

Усовершенствованные конструкции замков предусматривают регулирование глубины кулирования в направлении движения пяток игл при линейном или угловом перемещении клина. Для таких замков при регулировании глубины кулирования условия прокладывания нити не меняются. Угол наклона рабочей поверхности кулирного клина к горизонтали (угол кулирования) обычно 50 - 62°. С увеличением угла кулирования снижаются нагрузки на кулируемую нить и повышается надежность процесса вязания. Нормальные условия взаимодействия пяток игл и кулирного клина предусматривают смазывание этой контактной пары. Ударный импульс на иглу уменьшают применением подкулирного клина с углом наклона его рабочей поверхности к горизонтали 18 ÷ 20°.

Устройство смены нитей предназначено для выработки рисунчатого, поперечно соединенного (рингель) трикотажа, изготовления купонов и деталей изделий. Функции этого устройства зависят от способа замены нити. Типовое решение предусматривает: ввод и вывод нити из зоны вязания путем переключения нитеводов без нарушения операций петлеобразования, обрезание нити, зажим конца нити и его освобождение. По другому способу нить обрезают и соединяют узловязателем за пределами вязального механизма, что исключает необходимость применения нескольких нитеводителей.

Замена дефектной нити или нити, параметры движения которой не соответствуют допускаемой норме (по натяжению, скорости, толщине), осуществляется механизмом смены нитей, приводимым от кулачковых механизмов, электромагнитов (соленоидов), электропьезопреобразователей или от независимого линейного электропривода с управлением от программного устройства машины.

Шпулярник кругловязальной машины выполнен в виде держателей паковок и входных нитенаправителей, расположенных соосно с осью паковки. На держатели паковок - трубчатый стержень или усеченный конус - свободно надевают патрон с паковкой или пружинистую оболочку с плотно надетым патроном с основанием (опорой), которое определяет положение паковки относительно входного нитенаправителя. Оси держателей расположены вертикально или под углом к горизонтали, шаг превышает максимальный диаметр применяемых паковок. Зазор между паковками и расстояние до нитенаправителя должны обеспечивать нормальное сматывание нити с учетом баллонообразования.

Шпулярник может быть навесным (расположенным сверху машины), на несущих кольцах (закреплен посредством стоек машины) или приставным (установлен отдельно от машины в виде сотовой конструкции на полу вязального цеха). Навесные шпулярники могут быть зонтичной конструкции или карусельного типа при неподвижном игольном цилиндре. Приставные шпулярники бывают двух видов (в плане): прямоугольные и круглые. Прямоугольные размещают с двух сторон машины, круглые - с одной. В последнем случае упрощается обслуживание машины: полотно снимается с одной стороны, а сырье подается с другой. Приставной шпулярник для кругловязальных машин с числом систем 84 занимает площадь 16,03 м^2, а шпулярник круглого типа - 11,28 м^2. Известны приставные шпулярники закрытого типа для создания внутри него определенной влажности и благоприятных условий для сбора пуха. Шпулярник рассчитывают исходя из числа петлеобразующих систем при условии установки резервных паковок с нитью.

Нитепроводящая система кругловязальных машин - совокупность нитенаправляющих элементов, обеспечивающих транспортирование (перемещение) нити по возможности в одинаковых геометрических условиях из зоны шпулярника в зону петлеобразования. Нитепроводящая система может быть открытой, образованной из нитенаправителей (глазков), как правило, выполненных из антифрикционных и износостойких материалов (в частности, искусственной керамики), а также полностью или частично закрытой, образованной гибкой армированной трубкой или отрезками трубок, соединенных между собой трубчатой арматурой, прикрепленной к шпулярнику и остову машины. Заправка нити в нитепроводящую систему открытого типа проводится вручную,

в том числе с применением специальных приспособлений. В трубчатые нитенаправители нить заправляется вручную посредством специальных пневмопистолетов, соединенных с источником сжатого воздуха. Известны технические решения заправки нити, когда централизованную пневмосистему встраивают в приставной шпулярник.

Система нитеподачи - совокупность нитеподающих устройств, их привода, устройств для контроля и регулирования параметров подачи нити (скорости и натяжения).

Нитеподающие устройства относят к двум основным группам пассивного и активного действия. Первые позволяют регулировать, в частности, выравнивать или увеличивать натяжение нити; скорость нити определяется скоростью и натяжением нити в процессе петлеобразования. Применяют нитенатяжители двух основных типов: аддитивные (добавляющие) - тарельчатые или дисковые магнитные и фрикционные (усилительные по отношению к натяжению нити) с огибанием нитепроводника. На трикотажных машинах целесообразно использовать нитенатяжители первого типа: они стабилизируют натяжение и позволяют с большей точностью контролировать его величину. Вибрационные воздействия на тарельчатые нитенатяжители позволяют уменьшить скопление на них пуха и улучшить стабильность их работы.

Нитеподающие устройства обычно имеют встроенные датчики контроля нити (нитенаблюдатели) - обрыва нити или чрезмерного ее натяжения (затяжке нити), а также световой индикатор неисправности. Устройство снабжено также узлоуловителем, выполненным в виде двух пластин с регулируемой щелью между ними. Обычно на входе устройства натяжение устанавливают больше, чем при выходе из него, это касается в первую очередь нитей, растяжимых в начальной стадии деформации (текстурированных, оплетенных, высокоэластичных и т.д.).

Нитеподающие устройства активного действия относятся либо к регуляторам (стабилизаторам) натяжения, либо к устройствам дозированной подачи нити (с заданной скоростью). Первые позволяют получать контролируемое входное натяжение порядка 3 ÷ 5 сН. Регуляторы работают по отклонению натяжения, с компенсирующим воздействием или обратной связью по натяжению или скорости нити.

Стабилизаторы-накопители с радиальным периодическим наматыванием и осевым сматыванием нити с нитенакопительным барабаном обеспечивают практически постоянное (стабильное) натяжение. Диапазон регулирования натяжения определяется набором съемных тормозных колец с упругими зубчиками, которые воздействуют на сматываемую нить, создавая постоянное и определенное ее натяжение.

Нитеподающие устройства дозированной подачи нити (позитивные нитеподаватели) реализуют различные способы захвата и перемещения нити с заданной скоростью. Основной элемент таких устройств - нитеподающий цилиндр, с которым взаимодействует нить без проскальзывания. Это означает, что в зону петлеобразования на образование петли или петельного ряда подается нить определенной длины в пределах ее растяжимости (доза). Даже при существенных отклонениях в наладке петлеобразующих систем по глубине кулирования - условие дозированной подачи обеспечивает получение однородной петельной структуры. Показатели технологической точности по длине петли, размерам, поверхностной плотности остаются чрезвычайно высокими (с погрешностью не более 1 %), что дает возможность воспроизводить параметры полотна в различных условиях.

Применение нитеподающих устройств ограничено условиями выработки главных, прессовых и комбинированных переплетений, длина петельных рядов в которых и скорость потребления нити остаются постоянными. Если известна длина нити в петле l (мм) или величина уработки нити за время Δt перемещения игольного цилиндра на один игольный шаг, натяжение нити T (сН) на входе ее в нитеподающее устройство, коэффициент α_T ($сН^{-1}$) растяжимости нити, скорость подачи нити v (м/с), то справедливо соотношение

$$l = \frac{10^3 v}{1 + \alpha_T T} \Delta t.$$

Для относительно нерастяжимых нитей $\alpha_T \to 0$ можно получить для скорости подачи нити

$$v = \frac{10^3 l}{60} \pi d K n,$$

где d - диаметр игольного цилиндра, "; K - класс машины; n - частота вращения игольного цилиндра, $мин^{-1}$.

Например, для l = 3,6 мм, d = 30", K = = 20, n = 25 $мин^{-1}$ имеем v = 2,83 м/с.

При относительно небольших размерах раппорта жаккардовых переплетений также можно применять эти устройства. Известны три основных способа дозированной подачи нити, которые положены в основу конструкции современных нитеподающих устройств: зажим нити на поверхности нитеподающего цилиндра, фрикционный захват нити нитеподающим цилиндром при огибании нитью его поверхности (в том числе с образованием

витков из нити), контактное вращение паковки (относится к цилиндрическим катушкам с намотанными на них высокоэластичными нитями типа Лайкра И.) проволокой, волокном.

Первый способ реализовал Росен (Швеция), создав конструкцию , выполненную в виде бесконечной ленты (ремня), движущейся с постоянной скоростью и огибающей нитеподающие цилиндры для каждой из петлеобразующих систем. Второй способ реализован ассоциацией ХАТРА (Великобритания). В качестве нитеподающего органа использован цилиндр с высокофрикционным покрытием, огибаемый нитью с образованием одного-двух витков.

Современные нитеподающие устройства выполнены в виде цилиндра с параболической (или с участками конической) поверхностью с малым коэффициентом трения по отношению к нити, например, стальной полированной поверхностью, вокруг которого нить образует 8 ÷ 12 витков. Нитеподающий цилиндр приводится через промежуточную муфту от одного или нескольких приводных зубчатых или перфорированных ремней. Последние через шкив-вариатор и набор сменных шестерен соединены с главным приводом машины. Разрывное удлинение ремня не должно превышать 1,5 ÷ 2 %, а в зоне рабочих нагрузок - должно быть близко к нулю. Образование витков на поверхности нитеподающего цилиндра обеспечивает без проскальзывания нити относительно поверхности ее подачу и создает определенный запас (резерв), необходимый для своевременной остановки машины без срыва петель в случае обрыва нити до нитеподающего цилиндра.

Конструктивные аналоги нитеподающих устройств снабжены нитераскладчиком - стержнем, установленным под малым (3 ÷ 5°) углом к оси цилиндра: витки образуют, обматывая нить вокруг цилиндра и раскладчика. При работе устройства витки автоматически разделяются между собой и располагаются с определенным шагом. При трех-четырех витках, если окружная скорость цилиндра превышает скорость нити, устройство работает в режиме регулятора натяжения, а при 8 - 12 витках - в режиме дозированной подачи нити. Диапазон изменения скорости подачи нити увеличивается, если в отверстия на поверхности цилиндра, расположенные по концентрическим окружностям, вставить штифты.

В качестве привода многих нитеподающих устройств используют: редукторы с вариаторами или сменными зубчатыми колесами; независимый регулируемый электропривод; механический привод с вариатором и ременной передачей, сообщающей вращение нитеподающим цилиндрам. Для подачи нити с различной скоростью в петлеобразующих системах организуют многоярусное (до четырех) расположение нитеподающих устройств с приводом от нескольких приводных ремней и шкивов-вариаторов. Для большинства кругловязальных машин для регулирования скорости ремня (скорости подачи нити) используют шкив-вариатор, образованный из секторов со штифтами, расположенными между двумя дисками. Штифты с одной стороны входят в радиальные пазы одного диска, а с другой - в паз, выполненный по спирали Архимеда. При относительном перемещении дисков диаметр цилиндра изменяется.

Для традиционных, относительно нерастяжимых нитей (хлопчатобумажной и шерстяной пряжи) существует однозначное соответствие между диаметром D шкива вариатора и длиной l нити в петле (или длиной петельного ряда): $D = k\,l$ (где k - некоторое постоянное число для каждого привода машины).

Для эластомерных высокорастяжимых неоплетенных нитей (лайкра, спандекс) подачу осуществляют контактным вращением паковки. Нитеподающее устройство содержит приводной цилиндр (или два цилиндра), вращающий катушку с нитью непосредственно при взаимодействии цилиндра с поверхностью намотанной паковки. При условии, что нить намотана на паковку без деформации (или с постоянной деформацией), скорость ее подачи однозначно определяет уработку нити в процессе петлеобразования.

На подачу одной нити и работу одного нитеподающего устройства требуется мощность порядка 10 Вт.

Узорообразующий механизм кругловязальных машин предназначен для индивидуального отбора игл при выработке полотен с узорными эффектами - структурными, рисунчатыми, например, при выработке жаккардовых, ажурных и других рисунчатых и комбинированных переплетений. Различают узорообразующие механизмы двух основных типов - механические (стационарные и приводные) и электронные (электромагнитные и пьезоэлектрические).

В состав механизмов первого типа входят: механический программоноситель (в виде барабана или ленты, колес, дисков и т.п.), поверхность которых несет элементы, образующие пошаговую информацию (команды "да", "нет") в виде отверстий, впадин, выступов; отбирающие элементы (селекторы) - узкие пластины в виде магазинного блока, установленные с возможностью перемещения и непосредственного взаимодействия с пятками толкателей (или иглами); привод программоносителя.

Стационарные узорообразующие механизмы выполнены из набора (гребенки) подпружиненных селекторов с защелками, которые выполнены в виде магазинного блока (кассеты) и

установлены напротив пяток толкателей. Селекторы включают вручную или с помощью специального приспособления после предварительной их расфиксации согласно патрону рисунка или автоматическим перепрограммированием. Типичный магазин имеет 25 селекторов, которые взаимодействуют независимо друг от друга на каждую пятку толкателя. Общее число селекторов определяет ширину раппорта рисунка.

Приводные узорообразующие механизмы в зависимости от типа программоносителя выполняют в виде узорообразующих колес, барабанов, металлических или бумажных лент с отверстиями.

Узорообразующее колесо выполнено в виде диска, наружная поверхность которого образована вставными зубьями (сухариками) различных размеров для взаимодействия с иглами одно- двухфонтурных машин или пластинами. При отсутствии сухарика отбор иглы не происходит и она занимает нерабочее положение. Узорообразующее колесо обычно устанавливают под углом к горизонтали 20 ÷ 40°, совпадающим с углом рабочей поверхности подъемного клина. При взаимодействии с пятками игл при сходе их с подъемного клина обеспечивается трехуровневый отбор игл (заключения, без заключения и невязания - нерабочее положение). Узорообразующие колеса используют также для отбора толкателей и платин. Привод узорообразующего колеса обычно осуществляется от пяток игл в результате взаимного зацепления колеса и цилиндра; при этом колесо вращается в направлении, противоположном движению цилиндра.

Максимальный размер раппорта рисунка по ширине полотна равен числу зубьев узорообразующего колеса. Известны конструктивные решения которые,позволяют увеличить размер раппорта (например, в 4 раза). Высота раппорта определяется числом петлеобразующих систем.

Узорообразующий барабан имеет поверхность с определенным количеством равномерно расположенных отверстий по его периметру и высоте, в которые вставлены цилиндрические штифты (колки) в соответствии с раппортом рисунка. Между барабаном и игольным цилиндром круглovязальной машины расположен селекторный блок, пластины (селекторы) которого при взаимодействии с колками и пятками толкателей реализуют функцию отбора. Известные конструктивные решения образования программы рисунка зубьями гребенок не являются рациональными. Изменение рисунка требует перебора колков барабана вручную или с помощью специальных приспособлений. Привод барабана осуществляется периодически в заданные (кинематически) интервалы времени обычно от управляемого храпового колеса, с возможностью остановки барабана, вращения в одну или другую сторону на одно или несколько делений. Размер раппорта рисунка по ширине определяется числом отверстий по высоте барабана и расстановкой пяток толкателей (диагональной или симметричной). Высота раппорта рисунка определяется числом позиционных положений барабана при его вращении.

Узорообразующие электронные механизмы являются самыми компактными. Считывание программы осуществляется с программоносителя - непрерывно движущейся перфоленты, магнитной ленты или магнитного диска, а функция отбора - посредством электромагнитных исполнительных устройств. Основными функциональными органами таких механизмов являются: узел отбора (исполнительное устройство), устройство управления, запоминающее устройство и узел синхронизации.

В зависимости от конструкции и принципа действия устройство управления содержит узлы формирования команд. Устройство управления связано с запоминающим устройством, в котором содержится информация о размерах и характеристиках узоров. Запоминающее устройство в зависимости от разрешающей способности характеризуется количеством информации и быстродействием, содержит постоянное и оперативное запоминающие устройства. Запоминающее устройство, устройство управления и узел отбора соединены между собой каналами связи (передаточные звенья) с узлом синхронизации, предназначенным для формирования синхронизирующих импульсов в соответствии с необходимым временем отбора рабочих органов. Отбор толкателей или игл осуществляется при взаимодействии постоянного и электрического магнитных полей (создании сил притяжения или отталкивания), в результате чего пятка толкателя или иглы попадает в зону взаимодействия с подъемным клином или оказывается в нерабочем положении.

Современные системы программирования узора (рисунка) выполнены на базе автоматизированных рабочих мест с применением ЭВМ, они решают задачи автоматизированного проектирования трикотажа, включая его структуру и узор, описания структуры с помощью специальных символических языков и матричного представления их; проводятся расчеты и анализ структур и непосредственно программирование.

В качестве исполнительного устройства применяют пьезоэлемент, соединенный с селектором. Последний установлен с возможностью прогиба при подаче электрического импульса на специальных опорах, в результате чего его концевая часть отклоняется и входит во взаимодействие с пяткой толкателя. Применение таких устройств увеличивает быстро-

действие электронных узорообразующих устройств.

Устройство натяжения и отвода полотна из зоны вязания (механизм оттяжки) является одним из главных функциональных органов кругловязальной машины. Три оттяжных вала механизма, имеющих непрерывный или периодически действующий привод, расположены на определенном (1000 мм) расстоянии от зоны вязания (уровня отбойной плоскости). Трубчатое полотно трансформируется в двухслойное полотно, которое заправляется в оттяжные валы с частичным огибанием их поверхности, что обеспечивает принудительное (без проскальзывания) перемещение полотна.

По способу действия механизмы оттяжки работают как регуляторы натяжения полотна и стабилизаторы скорости. В обоих случаях устанавливается определенное соответствие между натяжением полотна и скоростью его отвода из зоны вязания. Механизмы первого типа - периодического действия с кулачковым (храповым) приводом и грузовой или пружинной системой регулирования нагрузки на полотно. Оттяжные валы могут быть установлены неподвижно или с учетом их виброперемещений. В приводе валов может быть предусмотрена ограничительная (по нагрузке) муфта. Вследствие нестабильности работы регуляторов периодического действия с кулачковым приводом возникают периодические колебания натяжения полотна, дополнительный шум при работе машины и происходит интенсивное изнашивание контактных пар.

Механизмы непрерывного действия реализуют задачу управления отвода полотна в соответствии с длиной его наработки за один оборот игольного цилиндра. Привод осуществляется от центральной шестерни при ее обкатке или от автономного электродвигателя. В зубчатые пары привода встраивают вариатор скорости или применяют электронный регулятор электропривода для перестройки оттяжки полотна в случае изменения его структуры или количества петлеобразующих органов (систем), участвующих в работе. Для относительно равномерной деформации и натяжения полотна при его трансформировании из круглой в плоскую форму внутри него устанавливают ширители - специальные направители полотна эллиптической или прямоугольной формы. Для размещения ширителя в заданном положении снаружи полотна устанавливают прутковые ограничители. Для предотвращения образования складок (заминов) в местах изгиба полотна оттяжные валы снабжаются специальными муфтами, при смещении которых на поверхности валов образуются кольцевые углубления.

Товароприемное устройство предназначено для формирования паковки полотна в форме, удобной для транспортирования, хранения и последующих операций технологической обработки, в частности, в виде рулона или "книжки". Полотно наматывают в трубчатом виде или в разрезанном с одной или двух сторон. В последнем случае два рулона полотна наматывают на специальные скалки, выполненные в виде стержня с полированной поверхностью и вручную устанавливают в приводную муфту товароприемного устройства. После наработки рулона заданного размера полотно разрезают по ширине, муфту расфиксируют, рулон снимают, а скалку удаляют.

Товароприемное устройство с автоматизацией процесса съема полотна содержит магазинное устройство со скалками, снабженными управляемыми фиксаторами, дисковый нож для автоматической обрезки полотна, программно-управляемый привод. После наработки рулона заданного размера машина останавливается, поднимается ограждение, отрезается полотно, выключаются фиксаторы скалки, рулон выкатывается из-под машины, из магазина вставляется новая скалка, опускается ограждение, машина включается в работу на малой скорости. В этом режиме конец полотна закрепляется на скалке и машина переходит на рабочий режим.

Электропривод кругловязальной машины представляет собой систему устройств для приведения в согласованное движение ее функциональных органов. Электропривод может быть централизованным и независимым для функциональных органов. В первом случае все рабочие органы получают движение от центрального электродвигателя и механических передач, во втором - от отдельных электродвигателей, соединенных между собой электрической цепью управления для согласованной работы.

Кроме основной функции процесса вязания электропривод должен обеспечить плавный пуск машины, ускоренный останов машины от датчиков контроля параметров процесса вязания полотна и неисправностей вязального механизма, предупреждение пуска машины при неустранении неисправностей и наличия опасных условий работы, бесступенчатое регулирование скорости вязания для выбора оптимальных режимов переработки нити, медленное или толчкообразное приведение в движение машины при настройке ее рабочих органов. В последнем случае машину часто снабжают ручным приводом. Пуск и останов привода в различных режимах осуществляют от кнопочного пульта управления (одного или нескольких).

Основные параметры электропривода - подведенная к валу электродвигателя мощность, диапазон регулирования скорости, переходные динамические характеристики, точность передачи движения, показатели надежности. Мощность электродвигателя определяется потребляемой мощностью, моментом

сопротивления вращению машины, частотой вращения и КПД привода. Потребляемая мощность кругловязальной машины суммируется с учетом необходимых затрат работ привода петлеобразующих органов одной петлеобразующей системы, числа систем, скорости вязания.

Силы полезного сопротивления определяются натяжением нити, ее фрикционными свойствами и геометрией замков, а также работой сил при оттяжке полотна и формировании паковки. Эти силы зависят от структуры полотна, уменьшаются для встречных законов перемещения игл и платин, при вязании двойного трикотажа с распределением при использовании дозированной подачи нити, применением механизма оттяжки полотна непрерывного действия. Повышение КПД привода и снижение сил сопротивления помимо конструктивных и технологических решений достигаются организацией смазочной системы централизованного и периодического смазывания контактных пар, подшипников и редукторов, своевременной очисткой замков и игольчатых пазов цилиндра. Масло и режим смазывания определяются условиями работы контактных пар.

Необходимую частоту вращения электродвигателя определяют по линейной скорости игольного цилиндра (для современных кругловязальных машин 1,4 ÷ 1,6 м/с), диаметру цилиндра (в среднем 26 и 30″) и передаточному отношению привода.

Применение автономного привода рабочих органов снижает потери энергии, которая обычно затрачивается на механические передачи, упрощает конструкцию машины. Обычно используют регулируемый привод от шаговых двигателей, ассихронный привод с частотным регулированием скорости или двигатель постоянного тока (с "бесщеточным" питанием), линейный электропривод, а в качестве исполнительных элементов - электромагниты.

Остов кругловязальной машины - жесткая массивная рама, образованная из двух или трех тумбовых опор, соединенных у основания между собой и вмонтированных в кольцевые поперечно расположенные столы, в которых размещены элементы привода и подшипниковые опоры для игольного цилиндра, механизма оттяжки и товароприемного устройства. В верхней части остова обычно находятся несущие кольца для размещения нитеводов и нитеподающих устройств и датчиков контроля нити. Одна из тумб имеет развитую конструкцию и предназначена для размещения в ней приводного электродвигателя, электрооборудования и блока управления кругловязальной машины. Остов, как правило, выполнен из сборочных деталей.

На нижнюю часть остова надет кожух с открывающимися дверцами для удаления наработанного полотна или изделий. При увеличении вместимости товароприемника нижняя часть станины может быть двухъярусной (при намотке рулона полотна диаметром до 1000 мм). Наружные поверхности остова должны иметь малую высоту неровностей обработанной поверхности, быть коррозионностойкими, иметь плавные контуры с целью предотвращения скопления пуха и загрязнений. В основания тумб могут быть вмонтированы регулируемые опоры.

Механизм управления кругловязальной машиной - функциональное устройство, содержащее программоноситель, считывающее устройство, блоки синхронизации работы, звенья передачи команд, электрические каналы и обратную связь. Устройство обеспечивает согласованное взаимодействие рабочих органов вязальной машины и циклическую работу машины по заданной программе в пределах допускаемых ограничений. В состав механизма управления входят электрические и электронные технические средства, специализированные процессоры для обработки данных о количественных и качественных показателях работы машины и параметрах процесса вязания, а также выработки данных для управления этим процессом.

При электронном узорообразовании необходимы устройство управления и запоминающее с программой формирования структуры и рисунка полотна. Для кругловязальных машин, предназначенных для изготовления изделий (купонов или деталей), запоминающее устройство содержит технологическую программу выработки изделий. В качестве носителя информации часто используют накопитель на гибких магнитных дисках диаметром 3,5″. Механизм управления может иметь клавишное устройство для ввода дополнительной информации с отображением данных на дисплее, корректировки технологических параметров и размеров изделий.

На кругловязальных машинах с механическим отбором игл управление процессом обеспечивается приводом; при этом функции механизма управления ограничиваются контролем за наработкой заданного количества полотна в рулоне в течение каждой смены или за сутки работы, а также прекращением процесса в случае, когда параметры процесса или режима работы отличаются от допустимых значений или при отказе или поломке машины.

На кругловязальных машинах-автоматах программируются процессы съема полотна, замены нити, выбор скоростных режимов работы и др. Пульт механизма управления содержит тахометр, трехсменные и суммирующие счетчики числа рядов наработанного полотна, ключ включения машины в работу, блоки индикации неисправностей и отказов

из-за нити, игл и полотна, узлов или ошибок оператора ("не закрыто ограждение") и др.

Система контроля неисправностей и отказов при работе кругловязальной машины получает от датчиков информацию, обрабатывает ее с последующим остановом машины или программным управлением. Своевременный останов машины позволяет предотвратить серьезные поломки, уменьшить потери от брака. Одним из методов контроля являются периодический осмотр машины обслуживающим персоналом.

Объектами контроля на кругловязальной машине являются: нить, полотно в процессе его выработки, параметры режима вязания, петлеобразующие органы трикотажных машин (иглы, платины, нитеводы), функциональные узлы трикотажных машин (привод, механизм отбора, оттяжка полотна и др.).

В качестве датчиков объектов контроля используют главным образом электромеханические, электрооптические, оптико-электронные устройства или приборы искусственного зрения. Технологический контакт и соответствующий электрический сигнал вызывает выключение машины с одновременной индикацией причины и места положения неисправности. Останов машины может сопровождаться более быстрым (по сравнению с обычным режимом) ее торможением с целью уменьшения выбега машины и уменьшения (или предотвращения) дефекта. С точки зрения техники безопасности технологические контакты и датчики должны быть электробезопасны.

Датчики контроля должны предотвратить возможность пуска машины в случаях неустранения неисправности, отсутствия или снятия ограждений "опасных зон" машины и т.п. Каждый из датчиков (группа датчиков одного функционального назначения) должен иметь возможность отключения (электрическим или механическим способом) при смене нити, наладке машины во время устранения неисправности. Например, датчики контроля полотна должны иметь задержку времени включения или шунтироваться. На машину иногда устанавливают дополнительные аварийные датчики или предусматривают выключение привода машины. Аварийные датчики могут контролировать чрезмерное увеличение вибрации, сопротивление привода, температуру нагрева, загрязнение машины (или пуховыделение).

Датчики контроля нити (нитенаблюдатели) обычно разделяют на две группы, контролирующие условия сматывания нити с паковки и условия подачи нити в зону вязания. Нитенаблюдатели в зоне шпулярника и на участке подачи нити - верхние и нижние контактные коробочки. Датчики фиксируют наличие нити ("да", "нет"), ее натяжение или движение (если нить не перемещается при работе машины, она должна быть выключена), наличие на нити чрезмерно больших узлов или утолщений.

Причинами останова машины являются: обрыв нити или ее сход с паковки, чрезмерное натяжение (затяжка) нити, наличие утолщений или узлов. Узлы или чрезмерные утолщения обнаруживают с помощью пластинчатых узлоуловителей с заданным размером щели между кромками пластин. При классическом способе контроля с нитью взаимодействует подвижный элемент (обычно подпружиненный рычаг-щуп с регулируемой нагрузкой на нить), при повороте которого замыкается контакт и загорается лампочка индикации или информация выводится на дисплей.

Необходимость регулирования контролируемого уровня натяжения определяется тем, что в зависимости от вида сырья или его толщины технологическое натяжение может быть различным. Поскольку направления действия сил со стороны нити при чрезмерном натяжении (затяжке) и обрыве (сходе) нити противоположны, функции контроля разделяют введением в контролирующие устройства двух подпружиненных рычагов с независимыми технологическими контактами, встроенными в один корпус. Основные требования к элементам, контактирующим с нитью, следующие: при взаимодействии щупа-датчика с нитью не должно быть вынужденных колебаний; должны обеспечиваться быстродействие (как датчика, так и цепи отключения машины); высокая надежность технологических контактов (время наработки на отказ более 10^6 включений); возможность простой и безопасной заправки нити (специальными нитенаправителями, в том числе с открытыми нитепроводниками).

Заправку нити в верхние нитенаблюдатели осуществляют с помощью специальных приспособлений вручную или механизированным способом. Нижние нитенаблюдатели содержат встроенный нитенатяжитель, а также регулятор нагрузки на щуп.

Применение механизмов активной подачи нити (особенно с определенным объемом ее накопления на нитеподающем барабане) изменило подход к созданию устройств, контролирующих нить, в частности отказались от верхних и нижних нитенаблюдателей. Современные нитеподающие устройства на входе и выходе имеют встроенные нитенаблюдатели.

Устройства для контроля игл предназначены для обнаружения неисправных или поломанных игл с целью уменьшения наработки брака. Обычно по периметру игольного цилиндра устанавливают несколько устройств, используя контактные или бесконтактные датчики оптико-электронного типа или индуктивные. Устройства контролируют непосредственно элементы иглы (крючок, язычок) или возникающие технологические последствия -

наличие набора петель, возникновение протяжек нити и др. Щуп механических датчиков выполнен в виде остроконечного стержня, который устанавливают с возможностью его выхода из зоны взаимодействия с иглами при наличии неисправности. После устранения неисправности датчик устанавливают в исходное рабочее положение.

Контроль язычков игл (в том числе фазового их положения в процессе петлеобразования) позволяет снимать интегральную информацию о качестве процесса петлеобразования, в том числе об отказах (поломках игл, обрывах нити). Датчики контроля язычков игл диска устанавливают в диаметрально противоположных сторонах машины. Конец щупа датчика располагают в "подкрючковом" пространстве, один датчик - в четных системах, другой - в нечетных, в противном случае часть игл оказывается неконтролируемой. Иглы цилиндра контролируют независимо, обычно с помощью четырех датчиков. На однофонтурных машинах устанавливают универсальные датчики, которые контролируют язычки и поломки игл.

Высокие по точности требования предъявляют к установке датчиков на машине. Фотоэлектрические датчики контроля крючков игл в качестве сигнала используют различие светового потока, отраженного от иглы в случае поломки или изгиба головки. Проблема контроля игл связана с их вибрацией. В конструкции датчика используют волоконную оптику.

Устройство для контроля полотна определяет дефекты, главным образом в виде отверстий и различных полос (продольных и поперечных). Большинство дефектов является следствием обрыва нити или поломки игл, поэтому эти неисправности обнаруживаются датчиками контроля нити и игл. Контроль дефектов полотна дублирует работу датчиков, повышая надежность контроля. Дефекты, относящиеся к нити и иглам, имеют определенную закономерность расположения. Так, дефекты, вызываемые неисправностью игл, располагаются по вертикали (вдоль петельных столбиков), а дефекты, относящиеся к нити или нарушениям в определенной вязальной системе, - по винтовой линии (вдоль петельных рядов).

Процесс контроля проще на однофонтурных машинах и сложнее на двухфонтурных. Некоторые дефекты полотна не могут быть обнаружены на основе контроля нити и игл. К ним относятся сверхнормативные отклонения плотности петель, дефекты без нарушения целостности структуры (сбросы, увеличенные петли, отсутствие одной из нитей). Некоторые дефекты могут быть расположены на изнаночной стороне полотна, а также относиться к нарушению рисунка. Для обнаружения дефектов на полотне, вырабатываемом на кругловязальных машинах при наличии большого числа систем, требуется контроль определенного "поля зрения", высота которого определяется длиной полотна, вырабатываемого за время одного оборота машины, а минимальная ширина должна быть равна петельному шагу деформируемого полотна.

Для контроля полотна эффективно применение оптико-электронных приборов искусственного зрения в отраженном или проходящем свете. Информация, снимаемая с датчиков, должна быть идентифицирована и отнесена к определенным видам (диагноз). Удовлетворительные результаты получают на полотне с однородной петельной структурой. Контроль рисунчатого полотна (многоцветного, ажурного) остается сложной технической проблемой. Параметры плотности петель трикотажного полотна определяются расходом нити при вязании и могут контролироваться датчиками (приборами) измерения расхода нити за один оборот игольного цилиндра (или скорости нити), а также программным способом принудительной (дозированной) подачи нити. Для останова машины при аварийном срыве полотна применяют датчики контактного типа, щуп которых в нормальных условиях взаимодействует с полотном, а при образовании дыры - замыкает контакт.

Вспомогательные устройства (пухоудаления и смазывания) обеспечивают нормальные условия работы кругловязальных машин в течение длительного времени эксплуатации. Основные зоны пухоудаления на кругловязальных машинах - шпулярник (26 %), нитепроводящая система (9%), нитеподающие устройства (36 %), зона петлеобразования (29 %). Витание пыли в воздухе вследствие сцепления, молекулярного и электрического взаимодействия приводит к ее комкованию и оседанию на нитенаправляющих элементах и в зоне петлеобразования. Движущая нить переносит пух в зону петлеобразования. Одним из опасных последствий переноса пуха в виде комков является заклинивание их нитью в нитеводах с последующим обрывом. Нитенаблюдатели такие случаи часто не обнаруживают. Перенос пуха вызывает такие дефекты на полотне, как утолщения, цветные метки, отгиб крючков или полом язычков, засорение зажимов нити (пинцетов) и нитенатяжителей. Пух, впитавший масло, попадает в игольные пазы, замки, ухудшает условия работы, загрязняет полотно.

Существующие системы пухоочистки предусматривают частичную герметизацию зон пуховыделения, пухообдув и аспирацию, изолированное размещение машин. Активные потоки воздуха (пухообдув) организуются с помощью специальных вентиляторов непрерывного или периодического действия, встроенных компрессоров. Для очистки машины

могут быть использованы централизованные источники воздуха. Эффективный обдув зоны петлеобразования осуществляют с помощью гибких сопл, совершающих вынужденные колебания в результате турбулентного истечения воздуха, что позволяет обдувать существенно большую зону, чем в случае, когда сопла выполняют в виде жесткой конструкции. При закрытом размещении нитепроводящих систем и приставных шпулярников снижается образование пуха и выделения его в окружающую среду, что повышает эффективность работы кругловязальной машины.

Устройства для автоматического смазывания - централизованной дозированной подачи масла к рабочим органам машины - используют три способа: капельный, распылением и дозированного расхода. Капельные масленки легко закупориваются, отличаются низкой точностью дозирования и неэффективным расходом масла. Струйные масленки, приводимые в действие сжатым воздухом, создают масляный туман, что загрязняет окружающую среду, приводит к перерасходу масла и его неэффективному использованию. Устройства с дозированной подачей (под давлением) масла позволяют осуществлять распределение масла с высокой точностью, что снижает его расход в 1,5 - 2 раза. Типовое устройство имеет 18 каналов подачи масла с регулируемым (независимым) расходом 0,3 ÷ 24 мл/ч и вместимостью бака порядка 3,5 л.

2.1.2. КРУГЛОВЯЗАЛЬНЫЕ ЧУЛОЧНО-НОСОЧНЫЕ АВТОМАТЫ

Кругловязальные чулочно-носочные автоматы по ассортиментному признаку можно разделить на три основные группы, предназначенные для изготовления: тонких женских чулок и колготок, носков и гольфов, детских и взрослых колготок из пряжи высокой линейной плотности. По конструктивному признаку эти автоматы могут быть объединены в две группы - одно- и двухцилиндровые.

В основном кругловязальные чулочно-носочные автоматы вырабатывают часть изделия при круговом вращении цилиндра, а часть - при реверсивном (участок пятки или пятки и мыска). Кругловязальные чулочно-носочные автоматы различаются диаметром игольного цилиндра, классом, числом вяжущих систем, частотой вращения игольного цилиндра, технической оснащенностью устройствами, обеспечивающими особые технологические возможности автомата и различие вырабатываемых изделий: пяточного участка при реверсивном или круговом вращении цилиндра; закрытый мысок; с вышивной платировкой и др.

Одноцилиндровые чулочно-носочные автоматы классов 32 - 34 предназначены главным образом для вязания женских колготок и чулок. Диаметры игольных цилиндров - $3\frac{1}{4}...4\frac{1}{2}''$. Частота вращения игольных цилиндров 850 ... 1250 мин$^{-1}$ достигнута в результате применения криволинейных замковых клиньев, усовершенствования конструкции игл (уменьшения размеров и массы язычка, изменения профиля стержней игл), применения высокопрочных материалов для изготовления клиньев. Оптимальное число петлеобразующих систем на этих автоматах - четыре. Вязание пяточного участка на реверсивном ходу осуществляется обычно в одной, реже, в двух вязальных системах.

Для изготовления на кругловязальных чулочно-носочных автоматах высокого класса изделий с рисунком или другими особенностями используют высокие игольные цилиндры, в пазах которых размещены многопозиционные толкатели, действующие в процессе вязания с механическими или электронными узорообразующими устройствами. Число позиций толкателей 15 - 20.

Для оттяжки вырабатываемого изделия от рабочих органов автоматы снабжены специальными устройствами пневматического действия; приспособлениями, предотвращающими закручивание чулок или колготок в процессе их выработки. Автоматы, работающие на высоких скоростных режимах, имеют рециркуляционную смазочную систему (автоматическую), безвибрационные шпулярники, различные контролирующие устройства, сигнализирующие о виде неполадок в работе и обеспечивающие их останов (при обрыве, сходе нити, поломке иглы, срыве изделия, перегреве двигателя и т.п.). Автоматы оборудованы счетчиками изготовленных изделий. Вместо цепей, применяемых ранее для счета числа рядов, используют электронные программирующие устройства с кнопочным пультом управления, с которого можно запрограммировать, например, пять размеров трех изделий различных видов. Смена размера изделия проводится с пульта управления. На некоторых автоматах предусмотрены микровычислительные устройства контроля размеров изделия, их вида и скорости вращения цилиндра.

Одноцилиндровые кругловязальные чулочно-носочные автоматы классов 5 - 22 предназначены для производства мужских, женских и детских носков и гольфов. Диапазон классов двухфонтурных автоматов 5 - 14, однофонтурных 6 - 22; диаметры игольных цилиндров $2\frac{3}{4}...4''$. Двухфонтурные автоматы оснащены цилиндром и диском, благодаря чему на них можно вырабатывать изделия с бортиком ластичного переплетения с раппортами 1+1, 3+1, 5+1 и т.д., кратными 2 и 3. Носочные одноцилиндровые автоматы имеют в основном

две - четыре петлеобразующие вязальные системы. Частота вращения цилиндра 300 ÷ 400 мин$^{-1}$. Автоматы имеют механическое и электронное управление, обеспечивают вязание вышивной платировки до четырех цветов в петельном ряду на фоне - глади, ластика (на двухфонтурных автоматах), плюшевого переплетения, гладкой платировки, прессовых переплетений.

Автоматы с электронным управлением имеют:

управление циклом вязания и рисункообразования; привод с бесступенчатым регулированием частоты вращения цилиндра 60 ÷ 400 мин$^{-1}$;

прецизионные подшипниковые опоры игольного цилиндра;

электропневматические исполнительные механизмы управления клиньями замковых систем, нитеводителями, оттяжкой и выворотки изделия;

электропневматическое автоматическое устройство (лубрикатор) для смазывания игольно-платинных деталей и подшипников привода;

пневматическую систему оттяжки, транспортировки и выворотки изделия;

электромагнитные механизмы индивидуального отбора игл для осуществления процесса вязания, рисункообразования и группового отбора игл при вязании пятки на реверсивном или круговом ходу;

возможность подготовки программ вязания и узорообразования непосредственно на автомате и вне автомата с помощью автоматизированной системы на базе персонального компьютера;

возможность встраивания автоматов в автоматизированные цехи с управлением от центральной ЭВМ.

На одноцилиндровых автоматах применяют специальные дисковые ножи для обрезки нити, обеспечивающие длину концов нитей на изделии до 1 см. При установке на одноцилиндровых автоматах диска (рипшайбы) с крючками возможна выработка носочных изделий с двойным "пришитым" бортом.

Двухцилиндровые кругловязальные автоматы классов 6 - 18 используют для производства высококачественных носочных изделий, детских и женских колготок из пряжи высокой линейной плотности. Частота вращения игольных цилиндров (200 ÷ 300 мин$^{-1}$) зависит от вида переплетения и перерабатываемой пряжи. Диаметры цилиндров $2\frac{1}{2} \div 5''$, число петлеобразующих систем - две - три; на современных автоматах используют две вяжущие системы с вязанием участка пятки и мыска в обеих системах, благодаря чему производительность автомата выше на 30 %. Применение игловодов, открывающих язычки игл без специального мостика позволяет снизить дефектность, повысить надежность работы автомата и его производительность.

Двухцилиндровые автоматы оснащены устройствами постоянной пневматической оттяжки вырабатываемого изделия. Для выработки штучных изделий механизм оттяжки имеет дополнительную механическую или пневматическую систему, включающуюся во время образования начальных рядов изделия. Автоматы могут быть оснащены устройствами выворотки изделий. Электронные двухцилиндровые автоматы имеют микропроцессорную систему, предназначенную для управления механическими исполнительными устройствами автомата. Эти автоматы, так же как и одноцилиндровые, снабжены автоматической смазочной системой с многократным использованием масла.

Автоматическая система управления работой автомата обеспечивает: ввод и корректировку программ вязания изделий от клавиатуры на пульте автомата; управление скоростью вязания по участкам изделия; запись в память запоминающего устройства семи видов и четырех размеров изделий; управление работой нитеводителей, смазочной системой , механизмом плавного регулирования плотности вязания и т.д.; вывод барабана в стартовое положение по сокращенному циклу с любого участка изделия или для вязания комплекта, например, заготовок колготок.

Двухцилиндровые автоматы могут вырабатывать изделия со следующим переплетением: двухлицевым, двухлицевым в сочетании с прессузорным на изнаночных петлях, гладкой платировкой, двухизнаночным рисунчатым, двойным жаккардовым, всеми видами ластичных структур.

Оснащение автоматов приводами без редукторов позволяет осуществлять плавное регулирование скорости (60 ÷ 400 мин$^{-1}$) и выбирать оптимальный режим вязания для каждого участка изделия и перерабатываемой пряжи.

В состав кругловязальных чулочно-носочных автоматов входят следующие устройства (рис. 2.1.3): остов *1*, механизм вязания *4*, шпулярник *5*, механизм нитеподачи *6*, блок цилиндров *3*, механизм управления *2*, механизм оттяжки *7*, смазочная система, товароприемник, электрооборудование. Остов представляет собой жесткую конструкцию, предназначенную для крепления всех перечисленных устройств.

Одним из основных конструктивных узлов одноцилиндровых кругловязальных чулочно-носочных автоматов является блок игольного цилиндра (рис. 2.1.4), вокруг которого размещены замки *6* и *1*, предназначенные для перемещения рабочих органов (игл *4*, промежуточных толкателей, рисунчатых толкателей

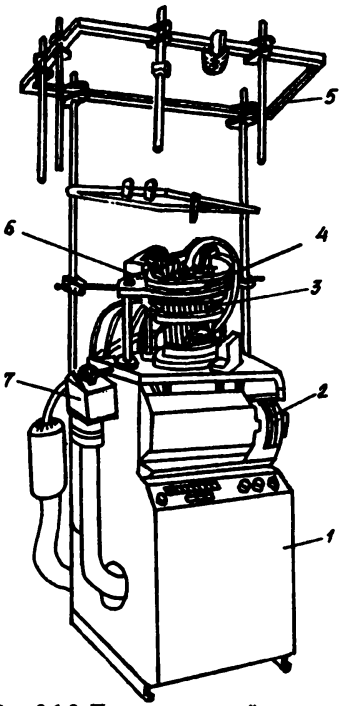


Рис. 2.1.3. Чулочно-носочный автомат

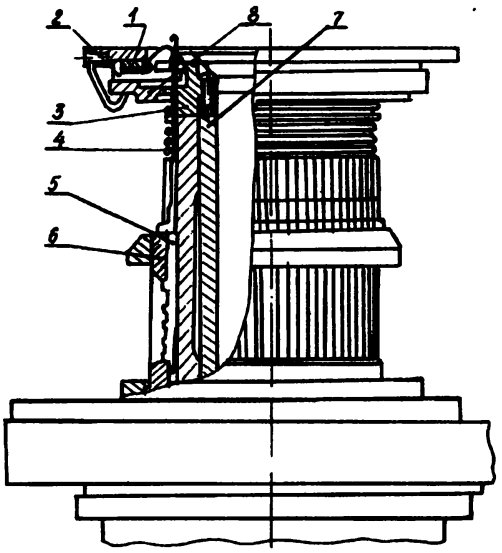


Рис. 2.1.4. Блок игольного цилиндра

5, платин *2*, крючков и т.д.) по определенным законам и обеспечивающие выработку изделия с определенной петельной структурой по его участкам.

Блок цилиндра содержит также элементы его привода *7*, коронки *3* и платиновое кольцо *8*, исполнительное устройство для изменения плотности вязания путем вертикального перемещения платин.

На машине можно применять иглы двух, трех и четырех позиций, отличающиеся высотой пяток; рисунчатые толкатели имеют обычно одну или две рабочие пятки, обеспечивающие передвижение их по замковым системам, и множество пяток для их отбора при вязании узора, из которых при установке в цилиндр обычно оставляется только одна. Иногда уровни положения пяток рисунчатых толкателей используют для отбора группы игл на заданном участке изделия, например, для образования прессового переплетения на верхней части следа или образования прессового переплетения на участке паголенка, для ввязывания концов выведенных из работы нитей, для отбора игл через одну и т.д.

На кругловязальных чулочно-носочных автоматах до 14 класса продольные пазы на цилиндрах нарезают дисковой фрезой. Цилиндр изготовляют из легированной стали 38ХМЮА. На автоматах выше 14 класса пазы образуют с помощью установки штег в продольные пазы цилиндра. Эквивалентное допускаемое напряжение штег принимают в 2 раза выше, чем при расчете перегородок, полученных нарезанием пазов в цилиндре. Клинья замковых систем, постоянно контактирующие с пятками рабочих органов, изготовляют из стали Х12Ф1. Рабочая поверхность клиньев имеет твердость 62 ÷ 64 $HRC_э$.

Наиболее сложным процессом проектирования является разработка вязальной системы.

Глубиной кулирования $h_к$ называется максимальное перемещение иглы относительно отбойной плоскости *О-О* при изгибании нити для образования петли определенной длины *l* (рис. 2.1.5). Отбойная плоскость - это плоскость, относительно которой происходит изгибание нити при образовании петли. В одноцилиндровом автомате она образована гранями *а* подбородка платины.

При проектировании вязальной системы учитывают следующие особенности работы кругловязальных чулочно-носочных автоматов:

изменение глубины кулирования $h_к$, а следовательно, длины *l* нити в петле; на чулочно-носочных автоматах это достигается подъемом или опусканием отбойной плоскости; при этом глубина опускания иглы остается постоянной;

вязальная система включает все клинья, необходимые для одного цикла при образовании петли определенного типа;

при выработке пяточного участка на реверсивном ходу в вязальную систему входят все клинья, обеспечивающие процесс вязания одного цикла как при основном направлении вращения цилиндра, так и при обратном;

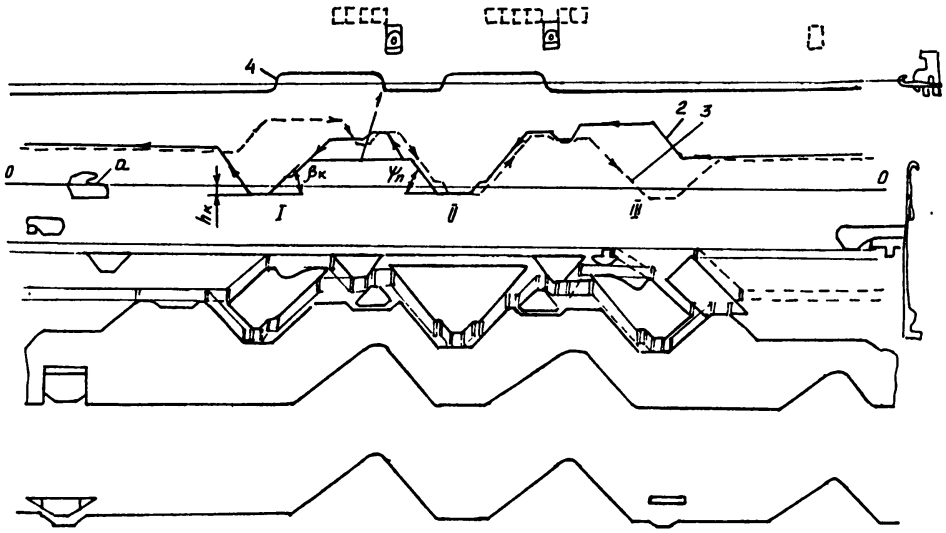


Рис. 2.1.5. Схема игольных замков и траектории движения игл и платин

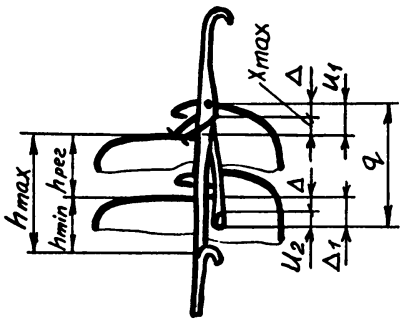


Рис. 2.1.6. Зона регулирования глубины кулирования

иглы от системы к системе движутся на уровне неполного заключения, язычок иглы удерживается прижатым петлей к стержню при вязании как самых длинных петель, так и самых коротких.

Величина возможного регулирования глубины кулирования на автомате заданного класса (рис. 2.1.6)

$$\Delta h_{рег} = h_{max} - h_{min} = q - u_1 - u_2 - \Delta = q - u_1 - \Delta_1,$$

где q - проекция язычка иглы на ее стержень; u_1 - расстояние от линии отбоя до оси иглы при прохождении ее на уровне неполного заключения при вязании петли максимальной длины; u_2 - проекция чаши иглы на ее стержень; Δ - гарантированное расстояние от чаши до линии отбоя при прохождении иглы на уровне неполного заключения при вязании петли с минимальной длиной, $\Delta = 0{,}5 \div 1$ мм; $u_1 = x_{max} + \Delta$; $\Delta_1 = u_2 + \Delta$; x_{max} - проекция высоты максимальной петли на стержень иглы; $x_{max} = h_{max} \sin\frac{\pi}{2} f$; f - коэффициент трения нити о стержень иглы.

Длину петель и глубину кулирования определяют по формулам:

$$l_{min} = 2t_u + 0{,}25\sqrt{T_к} / t_u;$$

$$l_{max} = 2{,}5t_u + 0{,}63\sqrt{T_к} / t_u;$$

$$h_{max} = 0{,}5\sqrt{\left[l_{max} - (a+p)\right]^2 - \left[t_u - (a+p)\right]^2} - d_y;$$

$$h_{min} = 0{,}5\sqrt{\left[l_{min} - (a+p)\right]^2 - \left[t_u - (a+p)\right]^2} - d_y;$$

$$d_y = 0{,}0357\sqrt{T_к \rho},$$

где t_u - игольный шаг, мм; $T_к$ - линейная плотность нити, г/км; a - толщина проволоки на головке иглы, мм; p - толщина платины в зоне отбойной плоскости, мм; d_y - условный диаметр нити, мм; ρ - плотность нити, г/см^3.

Траектории движения рабочих органов кругловязальных чулочно-носочных автоматов изображают в развертке по диаметру цилиндра

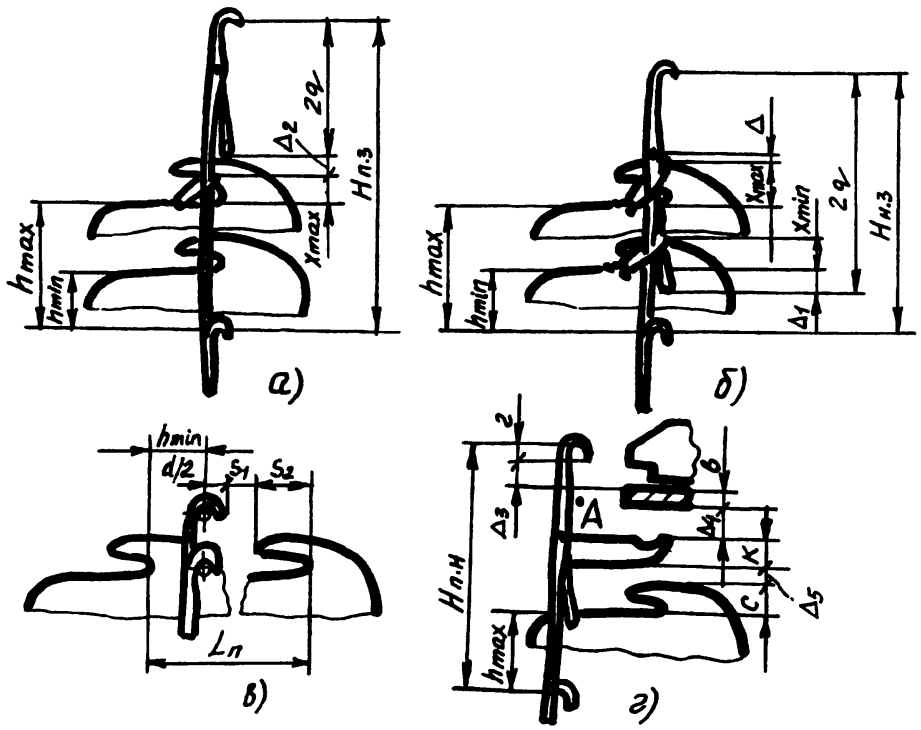


Рис. 2.1.7. Схемы положения игл и платин в определенные моменты петлеобразования:
а - при полном заключении игл; *б* - при неполном заключении игл; в - ход платин; *г* - при прокладывании нити *А*

$D_ц$, соответствующего диаметру расположения игл. Для построения траекторий движения предварительно определяют минимально возможные перемещения рабочих органов, основываясь на покадровых схемах положения рабочих органов в определенные моменты процесса петлеобразования: заключения, неполного заключения, начала прокладывания, кулирования, оттяжки (рис. 2.1.7).

Перемещения игл и платин следующие:

$$H_{п.з} = h_{max} + x_{max} + \Delta_2 + 2q;$$

$$H_{н.з} = h_{min} + 2q - \Delta_1;$$

$$L_п = h_{min} + d/2 + S_1 + S_2;$$

$$H_{п.н} = h_{max} + к + в + г + с + \Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5,$$

где $H_{п.з}$ - рабочий ход иглы, обеспечивающий полное заключение, достаточное для сбрасывания петли максимальной длины; $H_{н.з}$ - ход иглы неполного заключения, при котором минимальная петля удерживает язычок иглы в открытом положении; этот подъем остается достаточным для удержания язычка и при образовании максимальной петли; $L_п$ - ход платины; $H_{п.н}$ - подъем иглы на уровень начала прокладывания нити; Δ_2 - расстояние от кончика язычка до петли при подъеме иглы на полное заключение; $\Delta_2 \geq 1{,}5$ мм; Δ_1 - расстояние от кончика язычка до линии плоскости платин при подъеме иглы на неполное заключение; $\Delta_1 \geq 1$ мм; к - высота бортового крючка; в - толщина нитеводительного кольца в месте установки нитеводителей; г - высота головки крючка иглы; с - высота мысика платины; Δ_3 - расстояние от кончика крючка до плоскости нитеводительного кольца; $\Delta_3 \geq 2$ мм; Δ_4 - расстояние от нитеводительного кольца до бортовых крючков; $\Delta_4 = 0{,}5 \div 1$ мм; Δ_5 - расстояние от бортовых крючков до верхней кромки платин; $\Delta_5 = 0{,}5 \div 1$ мм; S_1 - зазор между головкой иглы и мысиком платины; S_2 - длина мысика платины.

По полученным перемещениям рабочих органов строят траектории их движения и замковые системы, обеспечивающие все необходимые технологические операции. Так, траектория *2* (см. рис. 2.1.5) обеспечивает вязание глади в двух вязальных системах *I* и *II*, а также соответствует прямому ходу при вязании участка пяточного кармана в двух вязальных системах. Траектория *3* соответствует движению игл при вязании участка пятки, траектория *1* - выход игл на уровень неполного за-

ключения при вязании прессовых переплетений с отбором игл специальным узорообразующим механизмом.

Траектория платин *4* соответствует прямому движению игл. При обратном движении игл траектория платин смещается вправо настолько, чтобы обеспечить нормальное протекание процесса вязания в системах при обратном движении игл. Угол перемещения замков платин - угол маха колпака на разных машинах может изменяться. По построенным траекториям одновременно проектируют клинья замковых систем также в развертке по диаметру $D_{ц}$. В соответствии с конфигурацией клиньев необходимо проводить корректировку траекторий перемещения рабочих органов в соответствии с их размерами и размерами вертикальных или горизонтальных перемещений.

Углы подъема $\psi_{п}$ на заключение и опускания $\beta_{к}$ игл на кулирование выбирают из того, что $\psi_{п} \leq \beta_{к}$. От угла кулирования $\beta_{к}$ зависит число игл, одновременно участвующих в кулировании, нагрузка на нить и петлеобразующие органы машины, а также надежность работы машины. Угол $\beta_{к}$ выбирают с учетом того, что при образовании l_{max} в кулировании нити участвует только одна игла. Углы $\beta_{к}$ и $\psi_{п}$ влияют на протяженность системы, которая зависит также от размеров рабочих органов.

Привод кругловязальных чулочно-носочных автоматов должен обеспечивать:

выбор оптимальных частот вращения, соответствующих вязанию определенных участков изделия и переплетений;

выполнение рабочего процесса автомата на круговом ходу с постоянной скоростью, выбранной для данного участка изделия;

выполнение рабочего процесса автомата на реверсивном ходу при вязании участков пятки и мыска;

плавный пуск автомата; он необходим для постепенного нарастания динамических нагрузок и натяжения нити;

быстрый останов автомата при нарушении рабочего процесса (обрыве нитей, поломке игл, сбросе петель, нарушении отбора игл и др.);

бесступенчатое изменение скорости вязания для достижения оптимального режима вязания данного участка.

Поскольку для повышения надежности работы оборудования в периоды переключения механизмов используют низкие частоты вращения цилиндров на кругловязальных чулочно-носочных автоматах широкое распространение получили серво- и шаговые электродвигатели, управляемые процессорами. Они обеспечивают бесступенчатое изменение частоты вращения цилиндров при переходе от одного участка вязания к другому, осуществляют реверсивное движение цилиндра непосредственно от двигателя, изменяя направление его вращения. Длина пробега цилиндра может изменяться в зависимости от числа игл, участвующих в вязании, что сокращает цикл выработки изделия на 20 %.

На кругловязальных чулочно-носочных автоматах наиболее часто применяют нитеподающие устройства пассивного действия. Эти механизмы включают различные нитенатяжители (обычно тарельчатого типа), систему нитепроводников, контролирующие устройства и компенсаторы натяжения нити, работающие на реверсивном ходу при вязании пяточного участка изделия.

Элементы нитеподающих устройств обычно монтируют на шпулярнике (встроенном или приставном). Нитеподающие устройства активного действия используют при вязании длинных участков изделия, например паголенка колготок, чулок с целью снижения разнодлинности, а также для подачи высокоэластичной нити с целью обеспечения определенной ширины и растяжимости участка изделия. Для относительно нерастяжимых нитей применяют активные нитеподаватели двух типов: контролирующие натяжение нити, подаваемой в зону вязания, и контролирующие ее скорость. Для высокоэластичных нитей используют механизмы, обеспечивающие определенную скорость подачи нити или контроль натяжения.

На кругловязальных чулочно-носочных автоматах для равномерности оттяжки петель на различных участках изделия, имеющих разную плотность вязания, служат пневматические механизмы, работающие по принципу разрежения или нагнетания воздуха в зоне вязания (чаще разрежения). Использование платин на одноцилиндровых автоматах для оттяжки петель в процессе петлеобразования оказывается недостаточным, так как платины имеют всегда одинаковое перемещение независимо от длины петель, в то время как их величина при выработке борта в 1,5 - 2 раза больше длины петли на участке шейки. Особенно недостаточна оттяжка платинами при выработке тонких женских чулок и колготок на одноцилиндровых многосистемных кругловязальных чулочно-носочных автоматах. Установка механизмов пневматической оттяжки с индивидуальными, встроенными в автомат вентиляторами, позволяет повысить надежность процесса, улучшить качество изделий и уменьшить их разнодлинность.

На двухцилиндровых автоматах, работающих практически на всем изделии, кроме участка пятки и мыска, без платин, процесс оттяжки петель еще более сложен. На многих двухцилиндровых автоматах применим комбинированный способ оттяжки: пневматический, работающий по принципу разрежения

воздуха в течение всего времени выработки изделия, и механический или дополнительный пневматический, включаемый в момент образования начальных рядов. Дополнительная пневмосистема работает по принципу создания активного потока воздуха, направленного в зону вязания. Такая система повышает надежность процесса вязания и позволяет вырабатывать на двухцилиндровых автоматах штучные изделия. Усилие оттяжки, создаваемое пневматическим всасывающим механизмом, близко к 150 сН.

В механизмы пневматической оттяжки встраивают дополнительные устройства: предотвращающие закручивание длинных изделий (чулок, колготок); для выворотки изделий; для ориентации изделий (раскладчик); для сбора изделий в ориентированном положении (товароприемник).

Контроль процесса вязания и работы кругловязальных чулочно-носочных автоматов обеспечивает:

автоматический самоостанов при сходе пряжи или нити с бобины, при затяжке нити, наборе петель на иглу или деформации иглы, при поломке пятки иглы, сбросе изделия, при отсутствии сжатого воздуха или падении давления в нагнетательных системах пневматической оттяжки, при отсутствии масла в системе, перегреве двигателя или автомата;

вывод на дисплей информации о нарушении процесса вязания и текущей работе автомата: вид вырабатываемого изделия, артикул, размер, текущий участок вязания, положение игольного цилиндра в любой момент работы, машинное время вязания изделия, количество наработанных изделий, заданный объем выпуска для изделия данного вида, причины останова кругловязального чулочно-носочного автомата.

Включение и выключение механизмов по циклу вязания изделия осуществляются от программного механизма управления, который определяет последовательность и время включения механизмов на заданном участке. На кругловязальных чулочно-носочных автоматах с механическим управлением роль программоносителя выполняет специальный барабан, разделенный на кольцевые поля с установленными на них накладками. Каждое поле управляет работой одного механизма. Высота и угловая протяженность накладки определяют перемещение и длительность включения (выключения) исполнительных механизмов.

При электронном управлении электромагнитные устройства индивидуального отбора игл осуществляют процесс вязания, узорообразования и групповой отбор игл на пятке, а электропневматические исполнительные устройства - управление клиньями замковой системы и нитеводителями, оттяжкой и выворотkой изделий, подводом масла к игольно-пластинным механизмам и подшипникам привода.

Электронные кругловязальные чулочно-носочные автоматы комплектуют терминальным комплексом, выполненным на базе персонального компьютера, с помощью которого подготавливают программы вязания и рисункообразования. На кругловязальных чулочно-носочных автоматах эта задача решается с помощью дополнительного блока управления. Применение электронных систем управления позволяет быстро переходить на новый и более широкий ассортимент изделий.

Основными направлениями развития чулочно-носочных автоматов следует считать:

повышение надежности работы и производительности автоматов путем совершенствования замковых систем и конструкций игольно-платинных изделий. Так, применение антиударных игл с укороченными язычками и криволинейных клиньев позволило повысить частоту вращения одноцилиндровых кругловязальных автоматов до 1200 мин$^{-1}$;

замену язычковых игл на составные (пазовые), что позволяет сократить ход иглы, уменьшить протяженность вязальной системы и повысить производительность чулочно-носочного автомата;

использование встречных законов движения иглы и платины. В этом случае платина совершает сложное движение (в горизонтальной и вертикальной плоскости), линия отбоя постоянно перемещается (поднимается или опускается). Это позволяет снизить напряжения, действующие на нить, обрывность и увеличить производительность автомата;

расширение ассортимента выпускаемых изделий за счет применения вышивной платировки в одном петельном ряду на базе глади, ластика, плюша;

вязание нетрадиционных изделий новых конструкций, например - рейтуз, трусов, купальников и т.д.;

совершенствование механизмов принудительной подачи нити для сокращения разнодлинности изделий и получения равномерной петельной структуры на каждом участке изделия, что ускорит подбор изделий в пары;

совершенствование механизмов управления с использованием электроники, что способствует расширению ассортимента и выпускаемых изделий и уменьшению времени перехода на выпуск новых изделий.

2.1.3. ПЛОСКОВЯЗАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Плосковязальная машина - это одно- или двухфонтурная поперечно-вязальная машина или автомат, каждая фонтура которой содержит плоскую игольницу с подвижными иглами и замки, размещенные на каретке,

совершающей возвратно-поступательное перемещение относительно игольниц (рис. 2.1.8). Она может иметь привод игл от индивидуальных линейных электродвигателей. Плосковязальные машины классифицируют по следующим признакам: типу привода замковой каретки - ручные и механизированные; числу фонтур - одно- и двухфонтурные; углу между игольницами - плоскофанговые и плоскооборотные; степени механизации и автоматизации процесса вязания - ручные, полуавтоматические и автоматические; числу кареток - одно-, двух- и многокареточные; видам вырабатываемой продукции - для полотна, купонов и для выработки изделий и деталей изделий верхнего трикотажа регулярным или полурегулярным способом; области использования - для изготовления одежды, изделий технического назначения и др.

Плосковязальные машины с ручным приводом каретки широко используют в домашних условиях, небольших ателье и на фабриках местной промышленности.

Машины, предназначенные для средних и крупных трикотажных предприятий (промышленные), имеют электромеханический привод замковой каретки, микропроцессорные устройства управления. Специализированные машины предназначены для производства отдельных массовых видов изделий: перчаток и варежек; шапок, шарфов и отделочных беек.

Ведущие машиностроительные фирмы выпускают двухкареточные плосковязальные машины. Многокареточные ("овальные") машины имеют две пары игольниц, 15 и 17 замковых кареток и предназначены для производства купонов и полотна.

Широкополотенные машины (до 2540 мм) обеспечивают повышение производительности труда и других технико-экономических показателей при выработке купонов и деталей изделий. Поскольку производство полотна и купонов вытесняется выработкой деталей, приближающихся по форме к швейному лекалу, а также цельновязаных изделий, плосковязальные машины заменяют купонные кругловязальные машины, обеспечивая значительную (до 30%) экономию сырья при сравнимых трудозатратах в расчете на единицу продукции.

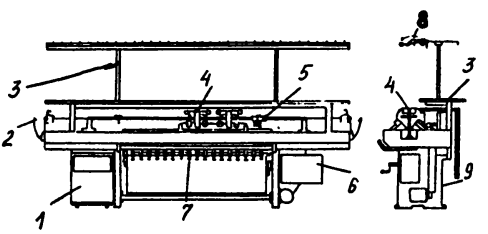


Рис. 2.1.8. Плосковязальная машина:
1 - механизм управления; *2, 8* - нитенатяжители; *3* - шпулярник; *4* - каретка; *5* - нитеводы; *6* - привод; *7* - товароприемное устройство (механизм оттяжки); *9* - рама (остов) начальных рядов петель

В производстве изделий технического назначения плосковязальные машины обеспечивают изготовление изделий из стеклянных, асбестовых, базальтовых, металлических, углеродных, керамических и органических нитей.

Техническая характеристика плосковязальных машин приведена ниже (в скобках даны наиболее распространенные значения параметров).

Класс	3-16 (3-12)
Рабочая ширина игольниц, мм	100÷2540
Число петлеобразующих систем	1-5 (1; 2; 4)
Скорость вязания, м/с	0,4÷1,5 (0,8÷1,25)
Число нитеводов	4-16 (6-8)

Плосковязальные машины позволяют получать основные, комбинированные и рисунчатые переплетения, характерные для кулирного трикотажа. Микропроцессорное устройство управления не имеет ограничений на отбор игл по раппорту рисунка и контуру детали или изделия. Регулярный способ вязания кроме отбора игл требует обеспечения необходимого темпа расширения и сужения зоны вязания, осуществления заработки изделия без применения ручного труда, устранения разнодлинности изделия.

Машины для выработки контурных деталей. Регулярный способ изготовления детали состоит в том, что деталь зарабатывают на "пустых" иглах, вывязывая по форме лекала, обеспечивая высокое качество кромок, закрепляют петли последнего ряда, чтобы исключить их роспуск при последующих обработках, и сбрасывания с игл. Такая последовательность операций полностью осуществляется на ручных универсальных плосковязальных машинах и на специализированных перчаточных автоматах, оснащенных механизмами отбойных платин.

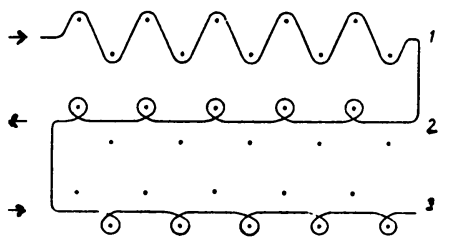


Рис. 2.1.9. Схема заработки начальных рядов петель

Существует несколько способов образования начального ряда. Во время первого хода каретки нить прокладывается на "пустые" иглы обеих игольниц (фонтур), образуя незамкнутый ряд (рис. 2.1.9); во время второго и третьего ходов каретки поочередно иглами первой и второй фонтур привязываются петли кулирной глади. Аналогичные приемы образования начального ряда применяют при выработке детали, например рукава.

На универсальных промышленных плосковязальных машинах используют полурегулярный способ вязания деталей изделий. Вначале провязывают несколько рядов отработки двойным переплетением; оттяжку петель осуществляют с помощью нажимной лапки *2* (presser foot) (рис. 2.1.10) до тех пор, пока не введут полотно в жало оттяжных валов *1*, *3* (рис. 2.1.11), расположенных вблизи зева игольниц *2*; нажимную лапку отключают и переходят к вязанию детали основной нитью.

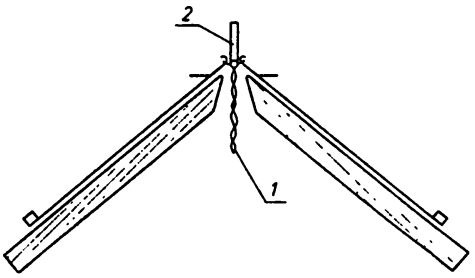


Рис. 2.1.10. Схема взаимодействия нажимной лапки с полотном:
1 - полотно; *2* - нажимная лапка

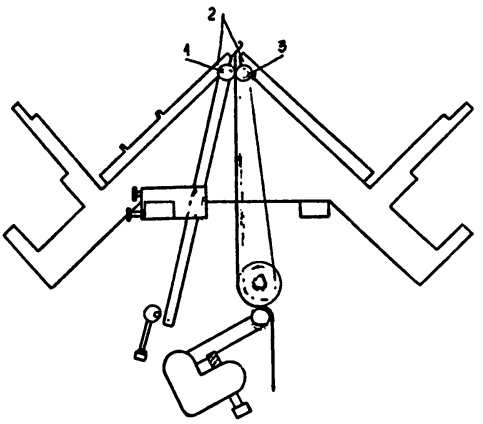


Рис. 2.1.11. Механизм оттяжки полотна на плосковязальной машине:
1 - прижимной валик; *2* - игольницы; *3* - отводящий вал

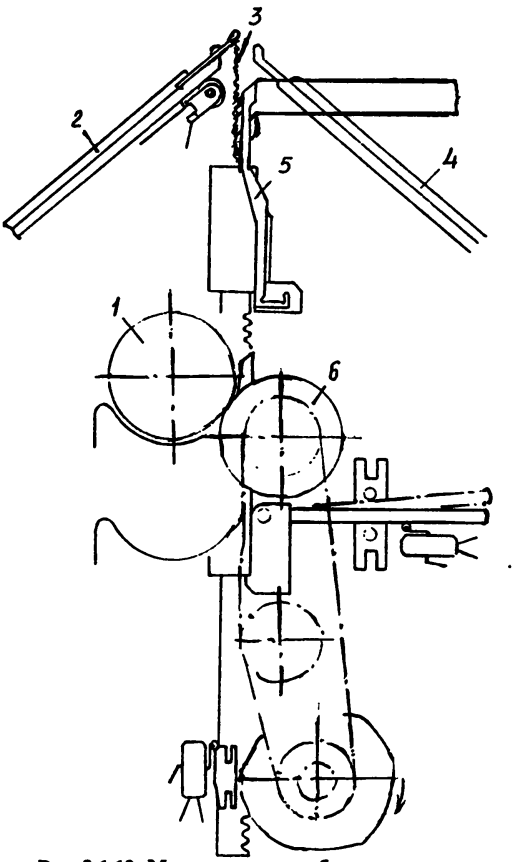


Рис. 2.1.12. Механизм для заработки детали на плосковязальной машине

Другой вариант заработки изделия - использование специальной гребенки. Отработочная нить прокладывается на иглы одной из игольниц и крючки гребенки. Гребенку опускают и после провязывания нескольких рядов отработки одинарным переплетением переходят к вязанию детали основной нитью. Конструктивно такое устройство достаточно сложно (рис. 2.1.12): заработочная гребенка *5*, ширина которой равна рабочей ширине игольниц *2*, *4*, совершает большой рабочий ход, чтобы ввести полотно *3* в зону действия валичного механизма оттяжки *1*, *6*; валы этого механизма разводят для пропуска гребенки *5*, а затем прижимают один к другому и снимают полупетли первого ряда отработки с крючков гребенки *5*.

Участок расширения детали формируют путем прибавки петель (рис. 2.1.13). В общем случае боковая кромка детали на этом участке криволинейна. Ее можно аппроксимировать прямолинейными отрезками, характеристикой которых служит темп прибавки петель:

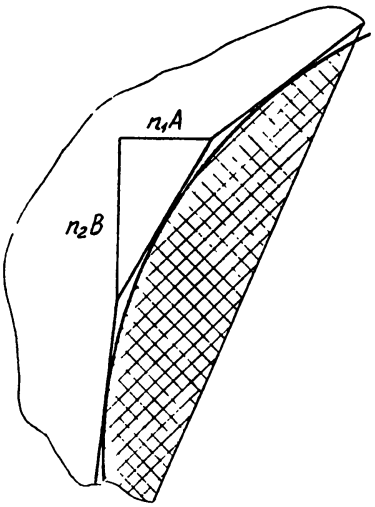


Рис. 2.1.13. Линейно-кусочная аппроксимация боковой кромки детали на участке расширения

$$\nu = \frac{n_1 A}{n_2 B}, \qquad (2.1.1)$$

где n_1 - число прибавляемых петель; $n_1 > 0$; n_2 - число рядов; A - петельный шаг; B - высота петельного ряда.

Существуют технологические ограничения на темп прибавки петель. Поэтому деталь обычно не соответствует форме лекала и требует подкроя (заштрихованный участок на рис. 2.1.13). При $\nu \le 4$ возможно расширение зоны вязания путем включения добавочных игл; при $\nu > 4$ можно расширять зону вязания с помощью приемов, применяемых при заработке детали (вязании начальных рядов).Темп прибавки петель ограничен применяемыми механизмами оттяжки полотна: $\nu \le 1$, если механизм расположен на расстоянии 150 ÷ 180 мм от зоны вязания; $\nu \le 2$, если указанное расстояние не превышает 15 ÷ 20 мм.

Сужающийся участок - окат рукава - вырабатывают путем сбавки петель. Экономически целесообразен способ сбавки петель выключением краевых игл зоны вязания в соответствии с расчетным темпом сбавки при сохранении петель на выключенных иглах при вязании неполных петельных рядов. При этом пятки выключенных игл не должны взаимодействовать с замками каретки и механизм оттяжки полотна не должен разрушать петли, висящие на крючках выключенных игл. Например, в игольнице *1* (рис. 2.1.14) размещены язычковые иглы *3*, шарнирно сочлененные с игловодами *5*, хвостовик которых охвачен вилкой подпружиненных рычагов *6*, закрепленных на оси *7*. Пятка каждого рычага *6* контактирует с разновысокими колпаками *8* рисунчатого барабана *9*. Замки петлеобразующей системы каретки *4* взаимодействуют с пятками игловодов *5*. При опускании рычагов *6* пятки игловодов *5* утапливаются в пазах игольницы *1* и не попадают в канал замков. Отбойные платины *2* совершают одни и те же возвратно-поступательные перемещения за каждый ход замковой каретки *4*, что исключает разрыв выключенных петель.

Фирмой Эдуард Дюбьед (Швейцария) найдено другое решение. Язычковая игла *2* (рис. 2.1.15) снабжена упругим хвостиком *11*, несущим пятку *3*, и контактирующим с толкателем *10*, шарнирно закрепленным на оси *12*. Под действием одного из клиньев *4* - *7*, замковой каретки *8* толкатель *10* деформирует хвостовик *11* иглы и утапливает пятку *3* в пазу игольницы *1*. В этом положении толкатель *10* может быть заперт ползуном *9*, который управляется электромагнитным механизмом отбора игл, смонтированным на каретке *8*.

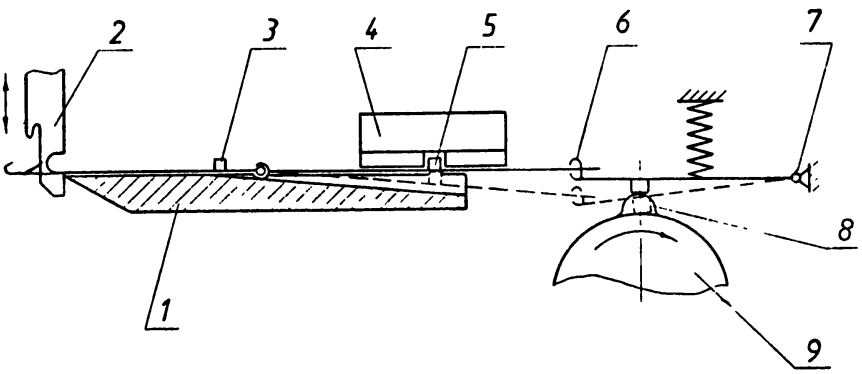


Рис. 2.1.14. Набор петлеобразующих деталей перчаточной плосковязальной машины

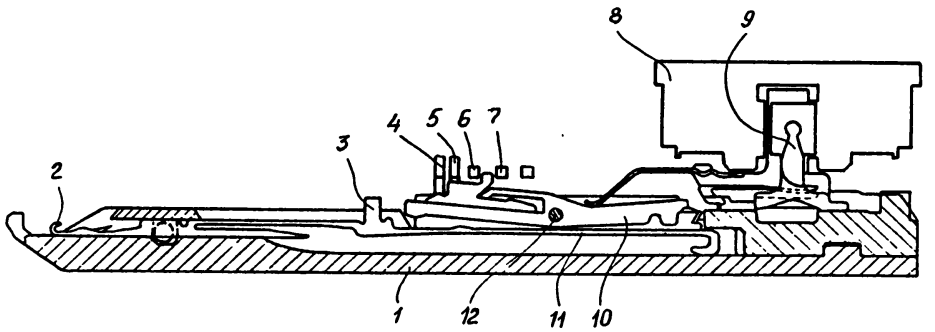


Рис. 2.1.15. Набор петлеобразующих деталей для промышленной плосковязальной машины с электромагнитным механизмом последовательного отбора игл

Применяемые на универсальных промышленных автоматах фронтальные системы оттяжки полотна дают возможность выключать иглы, сохраняя на них петли, лишь на время выработки третьего - четвертого петельных рядов.

На машине фирмы Штолль (Германия), оснащенной поворотными отбойными платинами и валичным механизмом оттяжки полотна с электроприводом постоянного момента, обеспечивающим точную программную установку силы оттяжки, петли на выключенных иглах можно сохранять на протяжении 32 петельных рядов.

На практике используют три варианта выработки участка оката рукава (рис. 2.1.16): без сбавки петель (по линии *ad*); с групповой сбавкой петель (по контуру *bb'cc'e*); со сбавкой петель путем их переноса на смежные иглы по контуру лекала *a, f, g*. Первый вариант сопряжен с большими потерями сырья при подкрое детали; его применяют, если используется относительно дешевое сырье. Второй вариант приближает контур детали к швейному лекалу и значительно уменьшает отходы сырья при подкрое; однако под действием силы оттяжки сброшенные с игл петли частично распускаются, ухудшая качество изделия. Третий вариант возможен, если машина оснащена иглами, снабженными приспособлением для переноса петель, например, боковым ширителем петли (рис. 2.1.17). Ширитель *2* (рис. 2.1.17, *а*) - изогнутая пластинчатая пружина, одним концом жестко закрепленная в выемке стержня иглы *1*. Второй ее конец вложен в выемку *3* (рис. 2.1.17, *б*). Стержень иглы и ширитель снабжены выступами-клапанами-открывателями *4, 5*. Крючок 8 (рис. 2.1.17, *в, г*) принимающей иглы *11* входит в окно *б*, образованное ширителем и стержнем передающей иглы и растягивающее петлю *7*. Передняя игла *1* совершает сложное движение, открывающее язычок *10* принимающей иглы *11*, чаша *9* которого взаимодействует с выступами *4, 5*.

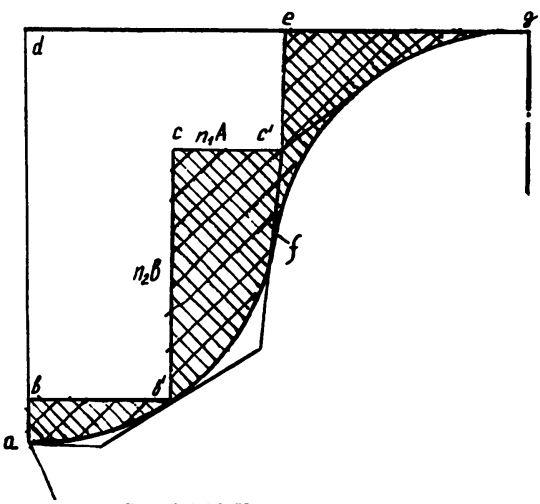


Рис. 2.1.16. Участок оката рукава

Для выполнения операции переноса петель служит комбинированный замок (рис. 2.1.18). Пятка иглы, передающей петлю, перемещается по каналу *I*. После подъема на уровень передачи петли игла приопускается и затем вновь выходит на тот же уровень. Игла, принимающая петлю, перемещается по каналу *II* замка противолежащей фонтуры, поднимаясь на уровень прессования. Одновременное опускание передающей и встречный подъем принимающей игл обеспечивают открывание язычка принимающей иглы.

Если деталь вяжут двойным переплетением, то за каждый ход каретки переносят одну краевую петлю с иглы одной игольницы на иглу противолежащей игольницы. Если деталь вяжут одинарным переплетением, то за каждый ход каретки переносят одну или несколько крайних петель с игл вяжущей игольницы на иглы противоположной игольницы. Затем сдвигают одну из игольниц на один - три игольных шага и за следующий ход каретки

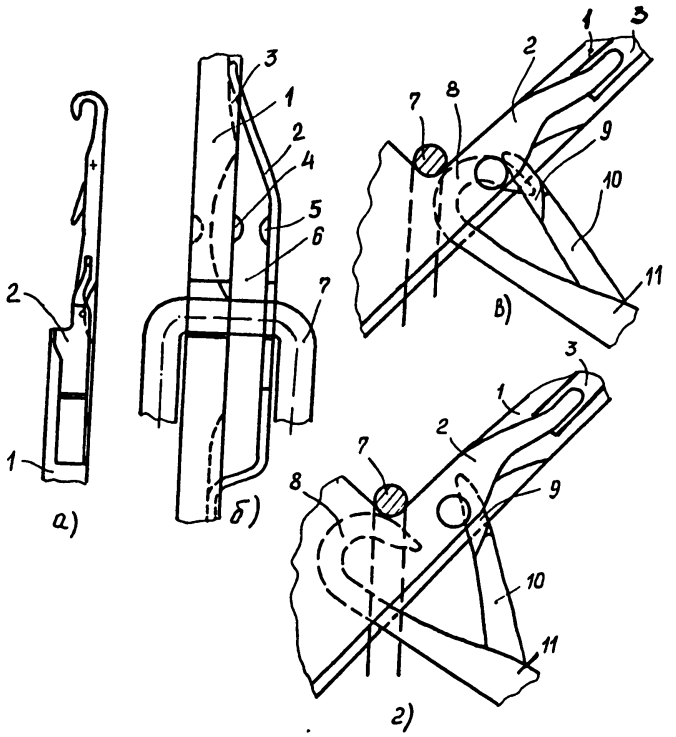


Рис. 2.1.17. Язычковая игла с боковым ширителем петли

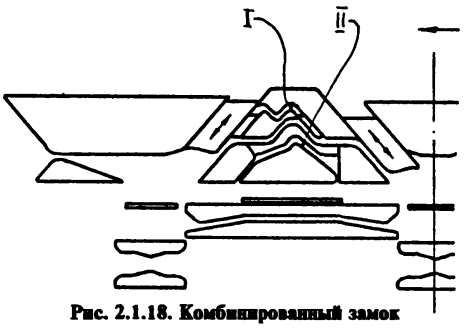


Рис. 2.1.18. Комбинированный замок

возвращают эти петли на иглы вяжущей игольницы. Таким образом, за один холостой ход каретки ширину детали можно уменьшить на 0,5 - 1,5 петли.

Натяжение нити при вязании на плосковязальных машинах. Основным источником колебаний натяжения нити при вязании является входная паковка - натяжение нити при сматывании меняется от витка к витку и от слоя к слою. Если система нитеподачи является пассивной, ее элементы увеличивают натяжение нити по ходу ее движения.

Натяжение T нити в системе нитеподачи, содержащей n нитепроводников, связано с ее натяжением T_0, возникающим при сматывании с паковки, уравнением Л. Эйлера

$$T = T_0 \exp\left(\sum_{i}^{n} f_i \alpha_i\right),$$

где f_i - коэффициент трения нити по материалу i-го нитепроводника; $i = \overline{1;n}$; α_i - угол охвата нитью того же нитепроводника.

Если считать, что трение текстильных нитей подчиняется закону Амонтона f_i = const и углы α_i = const, то коэффициент усиления системы $K = \exp\left(\sum_{i}^{n} f_i \alpha_i\right)$ = const.

Можно считать

$$T_0 = T_c + \sum_{j}^{\infty} A_j \sin 2\pi \nu_j \tau, \qquad (2.1.2)$$

где τ - время; T_c - постоянная составляющая; A_j - амплитуда; ν_j - частота j-й волны натяжения нити.

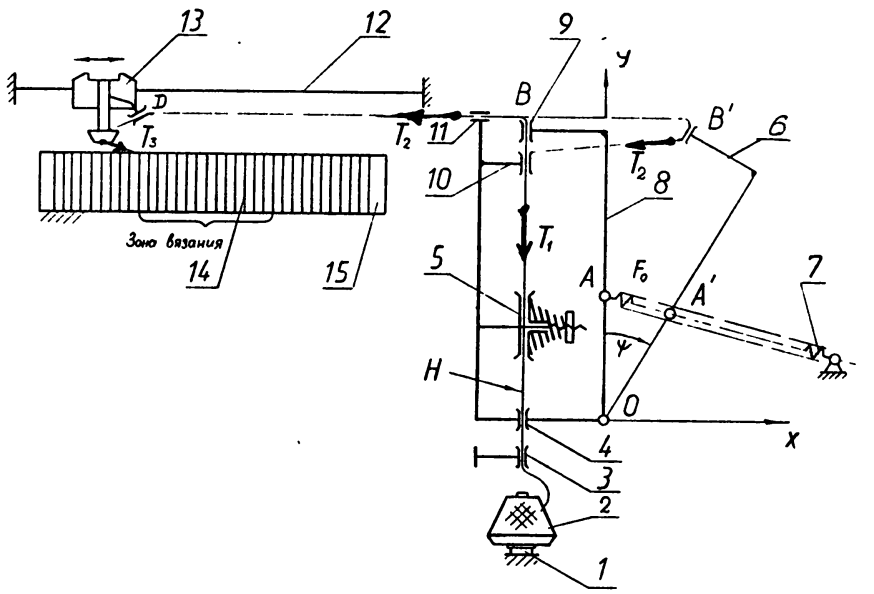


Рис. 2.1.19. Система нитеподачи плосковязальной машины

Тогда

$$T = KT_c + K\sum_j^{\infty} A_j \sin 2\pi\nu_j\tau.$$

На однородность структуры трикотажа оказывают влияние постоянная и низкочастотная составляющие (2.1.2) натяжения нити. Уменьшить влияние натяжения нити на ее длину в петле и разнодлинность деталей можно, если снизить коэффициент усиления K системы настолько, чтобы отклонения длины не превышали допустимых, устранив, по крайней мере, низкочастотные компоненты функции (2.1.2).

На известных машинах первая возможность ограничена наличием в системе нитеподачи компенсатора *6* натяжения нити (рис. 2.1.19). Эта система содержит бобинодержатель *1* с паковкой *2* нити *H*, нитенаправители *3*, *4*, *10*, *11* и нитенатяжитель *5*. Компенсатор *6* выполнен в виде рычага *8* с нитенаправителем *9* на конце и пружины растяжения *7*. Нить *H* поступает к нитеводу *13*, установленному на рельсе *12*, и далее к вязальным иглам *14* игольницы *15*. Ширина зоны вязания изменяется за время выработки детали и соответственно от ряда к ряду изменяется длина отрезка нити от крайней иглы зоны вязания до нитевода в его выключенном положении.

Найдем зависимость между натяжением нити T_1 после нитенатяжителя, T_2 перед нитеводом и T_3 на выходе нитевода при прокладывании нити под крючок крайней иглы зоны вязания и при установившемся процессе вязания, а также минимальное значение T_1, жесткость c и начальную силу F_0 пружины *7*. Совместим координату Oy с осью поворота рычага *8*; угол его отклонения от оси y обозначим ψ. В установившемся режиме вязания 1 при движении нитевода влево $\psi = 0$ сила F_0 пружины *7* уравновешена натяжением T_2 нити:

$$(T_2)_1 = T_1 \exp(0{,}5f\pi). \qquad (2.1.3)$$

Натяжение нити на выходе нитевода *13*

$$(T_3)_1 = T_1 \exp(1{,}5f\pi). \qquad (2.1.4)$$

С началом движения нитевода вправо до провязывания новой петли на крайней игле зоны вязания (режим 2) натяжение T_3 падает до минимально допустимого $T_{оп}$, определяемого условиями прокладывания нити под крючок крайней иглы, $T_{оп} = 2 \div 10$ сН в зависимости от толщины нити:

$$(T_3)_2 = T_{оп}.$$

Натяжение

$$(T_2)_2 = T_{оп}\exp(f\pi) + m_н y_B \ddot{\psi},$$

где $m_н$ - масса нити на отрезке BD; y_B - координата точки B; $\ddot{\psi}$ - вторая производная от угла ψ по времени.

Это натяжение больше не уравновешивает силу пружины 7. Рычаг 8 отклоняется вправо, оттягивая нить Н от нитевода. Максимальное значение ψ ($\psi_{max} \le \pi/6$) соответствует началу процесса петлеобразования на крайней игле (режим 3). При этом

$$(T_2)_3 = T_1 \exp(1{,}5f\pi);$$

$$(T_3)_3 = T_1 \exp(2{,}5f\pi).$$

По мере движения нитевода вправо рычаг 8 под действием силы F_0, превышающей силу $(T_2)_3$, возвращается в исходное положение (режим 4) и силы T_2, T_3 уменьшаются до значений, определяемых (2.1.3), (2.1.4). В режиме 2 движение рычага 8 подчиняется уравнению

$$y_B\left[(T_2)_2 + (T_2')_2\right] + m_д y_B^2 \ddot{\psi} + \frac{1}{3} m_р y_B^2 \ddot{\psi} + \\ + c\, y_A^2 \psi = F_0 y_A, \qquad (2.1.5)$$

где $m_д$; $m_р$ - масса нитенаправителя 9 и рычага 7; y_A - координата точки A; $(T_2')_2 = (T_2)_2 \exp(f\pi)$.

Общее решение (2.1.5) имеет вид

$$\psi = \frac{aF_0}{c^2 y_A}\left(1 - \cos\sqrt{\frac{c}{a}}\tau\right),$$

где $a = \left[m_н\left(1 + \exp(f\pi)\right) + m_д + \frac{1}{3} m_р\right]\left(\frac{y_A}{y_B}\right)^2$.

Жесткость c и сила F_0 пружины при ψ=0:

$$c = 12\frac{a v_к}{l^2}\left(1 - \cos\left(\sqrt{\frac{c}{a}}\frac{l}{v_к}\right)\right);$$

$$F_0 = T_{оп}\frac{y_B}{y_A}\exp(f\pi)\left[1 + \exp(f\pi)\right] + 0{,}5c\frac{y_A}{y_B} l,$$

где l - перебег нитевода; $v_к$ - скорость каретки.

Натяжение должно быть не меньше

$$T_1 \ge T_{оп}\exp(2{,}5f\pi).$$

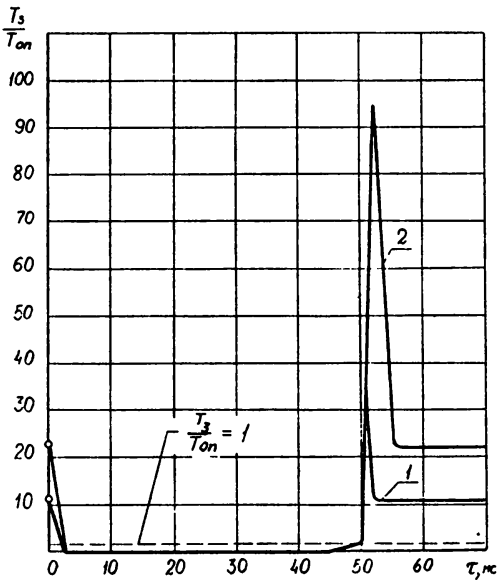


Рис. 2.1.20. Зависимости отношения $T_3/T_{оп}=f(\tau)$

На рис. 2.1.20 представлены зависимости $T_3/T_{оп}$ от времени τ при $v_к$=1 м/с; y_B/y_A = 2; l = 0,05 м; $m_д$ = 0,5 г; $m_р$ = 2,2 г; $T_{оп}$=9,6 сН; $m_н$ = 0,38 г; τ = 0,15 (кривая 1) и 0,25 (кривая 2).

Натяжение T_3 нити при провязывании первых нескольких петель нового ряда в 30 - 100 раз, а при установившемся режиме вязания в 10 - 20 раз превышает $T_{оп}$. Натяжение нити после нитенатяжителя обычно составляет 30 ÷ 70 сН, чем гарантируется работоспособность компенсатора натяжения нити.

Для устранения низкочастотных колебаний и стабилизации натяжения нити применяют регулятор, состоящий из измерителя натяжения нити, установленного между компенсатором и нитеводом, микропроцессорного устройства управления и исполнительного механизма - шагового двигателя, соединенного с нитенатяжителем. Регулятор позволяет снизить разнодлинность деталей до 3 ÷ 4 %.

2.1.4. ОСНОВОВЯЗАЛЬНЫЕ И ПЛЕТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Основовязальные машины предназначены для выработки формоустойчивых полотен (гладких, рисунчатых, ворсовых, одинарных и двойных), предназначенных для изготовления одежды, гардинно-тюлевых изделий, обивочных материалов, сетеизделий, а также для изготовления цельновязаных штучных изделий (белья, мешков, колготок, изделий технического и медицинского назначения).

Основовязальные машины характеризуются:

наличием большого числа миниатюрных синхронно взаимодействующих петлеобразующих органов (до 40 тыс.);

большой кинематической сложностью как основных механизмов, так и машины в целом;

высокой рабочей скоростью вязания (более 2000 рядов в минуту);

наличием сложных систем автоматического регулирования в системе нитеподачи и узорообразования.

Направления совершенствования основовязальных машин следующие:

применение уравновешенных шарнирно-рычажных механизмов привода петлеобразующих органов вместо традиционных кулачково-рычажных, как правило, слабо уравновешенных;

реализация более рациональной цикловой диаграммы работы петлеобразующих органов с учетом их встречного движения, что позволяет упростить законы движения и повысить скорость вязания;

использование электронных устройств не только в системах управления и регулирования технологического процесса, но и в системе узорообразования, что позволяет отказаться от громоздких и дорогостоящих рисунчатых цепей;

установка навоев большой вместимости (диаметры фланцев катушек 762 ÷ 813 мм и рулона полотна 914 ÷ 1016 мм);

использование жесткой монолитной станины; разделение массы машины на части с самостоятельными опорными узлами: собственно машина, навои и рулон полотна; установка машины на виброизоляторы;

оснащение машин дополнительными приборами и устройствами для контроля и регулирования процесса вязания, что позволит осуществить групповое и дистанционное управление оборудованием.

В трикотажной промышленности работает около 100 моделей основовязальных машин, которые различаются назначением, технологическими и конструктивными признаками. Каждая модель машины отличается петлеобразующей системой. Петлеобразующие системы плоских основовязальных машин подразделяют на группы: с одной или двумя игольницами. Петлеобразующая система может быть укомплектована крючковыми, язычковыми или пазовыми иглами.

Независимо от числа игольниц и вида иглы петлеобразующая система может иметь отбойно-заключающую платину или только отбойную платину, или комбинацию из отбойной и заключающей платин, осуществляет встречное движение игл и нитеводов (ушковин). Петлеобразующая система машины может быть оснащена дополнительными устройствами и механизмами, которые значительно расширяют ее технологические возможности, такими, как устройство прокладывания уточной нити на всю ширину игольницы; устройство для образования плюша; жаккардовый механизм; механизм заключающей планки и др.

Однофонтурные основовязальные машины. Все многообразие однофонтурных основовязальных машин можно классифицировать по назначению, конструктивным и технологическим признакам.

- Однофонтурные машины с отбойно-заключающими платинами, оснащенные крючковыми, а чаще всего пазовыми иглами. Они имеют до четырех ушковых гребенок. Класс машин 18-32, ширина игольницы 2130 ÷ 4570 мм, скорость вязания до 2500 рядов в минуту.

- Универсальные однофонтурные машины с отбойными платинами, вырабатывающие полотна для верхнего трикотажа и изделий бытового и технического назначения, оснащенные в основном язычковыми иглами и ушковыми гребенками (до 10). Класс машины до 24, ширина игольницы 1910 ÷ 4830 мм, скорость вязания 500 - 1500 рядов в минуту.

- Однофонтурные машины с устройством для прокладывания уточной нити на всю ширину игольницы. Машина вырабатывает формоустойчивое полотно для постельного белья и для изделий технического назначения. Иглы язычковые или пазовые, две - четыре ушковые гребенки. Класс 6-20, ширина игольницы 1960 ÷ 4470 мм, скорость вязания 500 - 900 рядов в минуту.

Для приведения в движение рабочих органов используют многозвенные рычажные механизмы. В отличие от кулачковых, с помощью которых можно воспроизвести заданный закон движения с высокой точностью, многозвенные рычажные механизмы реализуют заданный закон чаще всего приближенно. Петлеобразующую систему любой машины составляет набор соответствующих петлеобразующих деталей (рабочих органов), включая механизмы их привода, а также устройства, подающие нить. Процесс петлеобразования основовязальной машины циклический: петлеобразующие органы совершают возвратно-поступательное движение, занимая в каждый момент времени определенное положение относительно друг друга.

Основу расчета вязальной машины при проектировании составляет ее петлеобразующая система. Перемещение рабочих органов и их взаимное положение определяются не только размерами отдельных элементов рабочих органов, но и положением уже образованной петли и прокладываемой нити. Движение рабочих органов подчинено управлению нитью в процессе петлеобразования. Нить, скользя по граням рабочих органов, занимает определенное равновесное положение с учетом трения между нитью и иглой.

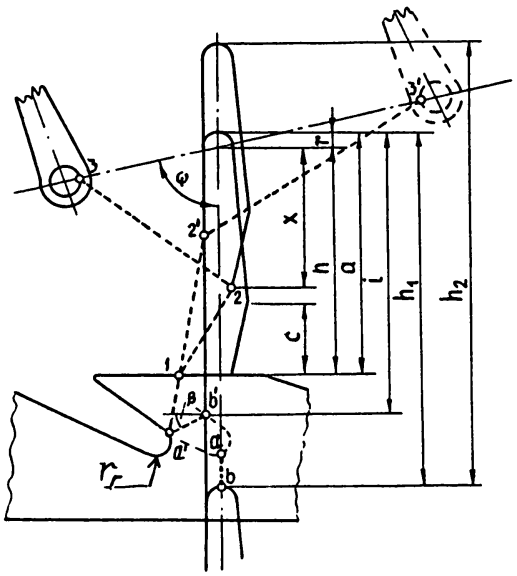


Рис. 2.1.21. Схема перемещения крючковой иглы

Рассмотрим схему перемещения крючковых игл (рис. 2.1.21), подъем которых происходит в два этапа. Игла должна подняться настолько, чтобы старая петля находилась ниже кончика крючка, что соответствует положению иглы при подъеме ее на высоту h_1. Полный подъем иглы на высоту h_2 должен быть таким, чтобы место перегиба нити, проложенной на углу, было не на крючке иглы, а на ее стержне. На высоте h_1 игла имеет выстой, во время которого происходит прокладывание нити с помощью соответствующих движений ушковин. Подъем иглы на высоту h_2 определяется прокладыванием нити на иглы и положением старой петли на стержне иглы. Высота

$$h_1 = h_к\,(1 + \sin\beta) + 2r_т + i,$$

где β - угол отклонения петли от нормали к стержню иглы; $r_т$ - радиус горловины платины, мм; i - расстояние от головки иглы до низа чаши иглы, мм; $h_к$ - глубина кулирования, выраженная через игольный шаг $t_и$, мм; $ab = h_к = 1{,}5t_и$.

При подъеме иглы участок ab петли займет положение $a'b'$, а вследствие трения между иглой и нитью он наклонится от нормали к стержню иглы на угол β трения. Значение $\sin\beta = 1{,}57f$. Принимая для нитей максимальное значение коэффициента трения $f = 0{,}25$, имеем угол трения $\beta = 23°$.

Высота

$$h_2 = h_1 + a - r - x,$$

где a - длина крючка иглы, мм; r - радиус отверстия ушковины, мм; x - размер, определяющий положение точки перегиба нити при ее прокладывании;

$$x = \frac{5 + 2t_и + 0{,}2t_и^2 - 0{,}2t_и r - 0{,}8r}{1{,}5 + 0{,}8t_и - 0{,}1r}.$$

Приведенные выше формулы включают конструктивные размеры петлеобразующих органов a, i, $r_р$, r, которые могут быть выражены линейными регрессивными зависимостями от игольного шага $t_и$ (класса машины). Эмпирические зависимости для определения подъема иглы на высоту h_1 и h_2:

$$h_1 = 8{,}6 + 3{,}3t_и + 2r_р;$$

$$h_2 = \frac{18 + 18t_и + 4t_и^2 - 1{,}2t_и r - 2{,}3r}{1{,}4 + 0{,}8t_и} + 2r_р.$$

Цикл образования петельного ряда на машинах, оснащенных язычковыми или составными (движковыми) иглами, заканчивается в нижнем положении игл. Для образования последующего петельного ряда необходимо старые петли вывести из-под крючков: поднимая иглы, старые петли удерживают горловинами платин или нижней гранью заключающих платин на уровне плоскости отбоя благодаря оттяжке полотна. Исходная расчетная схема для определения высоты подъема игл представлена на рис. 2.1.22. К концу операции заключения петля ab располагается на конце язычка (рис. 2.1.22, *а*). По отношению к плоскости отбоя участок ab отклонится на угол $\beta + \beta'$ (где β' - угол, образуемый гранью чаши язычка с направлением перемещения игл).

Полный подъем язычковой иглы (рис. 2.1.22, *б*)

$$h_2 = 1{,}5\,t_и\,[(1 + \sin(\beta + \beta')] + \Delta + E,$$

где Δ - расстояние между нижней гранью заключающей платины и плоскостью отбоя.

Петлеобразующая система, оснащенная язычковыми или составными иглами, создает благоприятные условия для прокладывания нити под крючок, так как его размер, как правило, незначительный. Это позволяет получить угол между траекториями движения ушковин и игл $\psi > 90°$, что улучшает условия заправки второй и третьей гребенки при обрыве нити.

Подъем комбинированной (пазовой) иглы (рис. 2.1.22, *в*)

$$h_2 = 1{,}5t_и\,[(1 + \sin(\beta + \beta')] + 2r_р + E,$$

где E - расстояние от головки иглы до канала замыкателя.

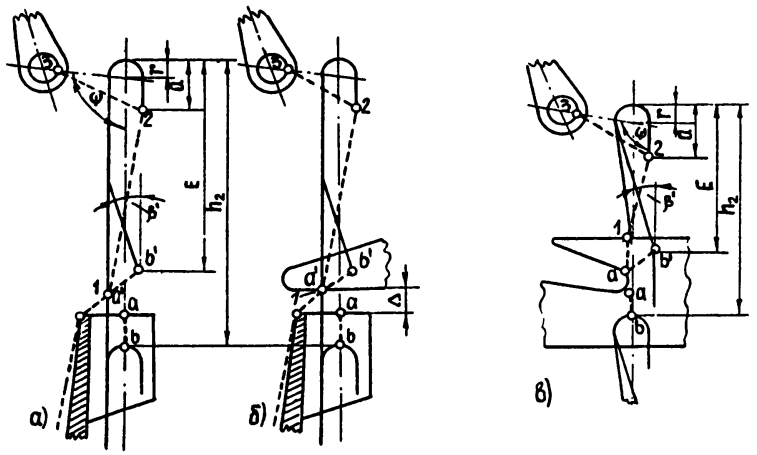


Рис. 2.1.22. Схемы перемещений:
а - язычковой иглы; *б* - язычковой иглы с заключающей платиной; *в* - пазовой иглы

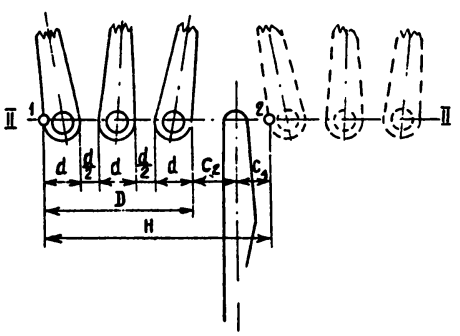


Рис. 2.1.23. Схема перемещения ушковин

Для прокладывания нити на иглы необходимо, чтобы ушковины (кроме продольного сдвига согласно рисунку полотна) перемещались в поперечном направлении. Так как каждая из гребенок в крайнем положении должна получить продольный сдвиг, их перемещение должно быть таким, чтобы они полностью вышли из промежутков между иглами.

Схема перемещения ушковин по траектории *II - II*, когда ушковые гребенки показаны в крайних положениях, приведена на рис. 2.1.23. Необходимый зазор между соседними гребенками можно выразить через ширину d ушковины. Зазор принимаем равным $d/2$, тогда ширина всех ушковых гребенок $D = (3n - 1)\, d / 2$. Перемещение ушковин в направлении точки *2* должно быть больше ширины D на величину c_1, что необходимо для осуществления продольного сдвига гребенок. Эта величина уточняется при проектировании закона перемещения ушковин.

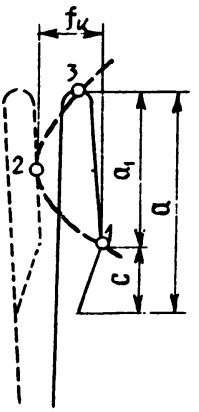


Рис. 2.1.24. Схема перемещения пресса

Таким образом, полное перемещение ушковин

$$H = D + c_2 + c_1 = (3n - 1)\, d / 2 + 5{,}7 + 1{,}4 t_н + c_1.$$

В тот момент, когда при опускании игл проложенная на стержень иглы нить окажется под крючком, необходимо острие крючка утопить в чашу иглы, чтобы сформированная петля попала на крючок. Пресс приходит в контакт с крючком иглы в точке его изгиба (рис. 2.1.24). Прогиб $f_и$ иглы при выполнении операции прессования должен определяться экспериментально. Пресс перемещается в контакте с иглой по кривой *1 - 2 - 3*. Игла должна опуститься на величину a_1 при условии, чтобы пресс вышел из контакта с иглами к моменту отсутствия прогиба иглы. Выражая размер a_1

через линейную регрессионную зависимость от игольного шага $t_и$, имеем $a_1 = 4{,}6 + 1{,}5\ t_и$ Таким образом, пресс перемещается на величину $f_и$ в период, пока иглы опускаются на величину a_1.

В момент прессования старая петля наносится на крючок иглы при движении игл и платин и достигает точки *3* на брюшке платины. Платины, перемещаясь из положения *1* (рис. 2.1.25) в положение *2*, наносят петлю на крючок. Согласно расчетной схеме полное перемещение платины

$$B = 1{,}5\ t_и + q,$$

где q - расстояние от горловины платины до наивысшей точки брюшка.

При проектировании машины важное значение имеет разработка рациональной последовательности операций, выполняемых отдельными исполнительными механизмами, и увязка их в общую цикловую диаграмму (циклограмму). Кинематический цикл основовязальной машины совпадает с периодом времени одного полного оборота основного звена машины - главного вала. Таким образом, последовательность и продолжительность операций, выполняемых отдельными механизмами машины, определяются угловыми координатами главного вала, а при равномерном вращении его - частью времени полного оборота.

За начало цикла принимают низшее (нулевое) положение иглы и такие положения других рабочих органов, которые они занимают в момент нулевого положения игольницы. Выбранное начало цикла технологически соответствует концу формирования нового петельного ряда. Перемещения рабочих органов (точек) по отношению к нулевому положению принимаются положительными при движении вверх, в глубь машины и вправо и отрицательными при движении в противоположных направлениях.

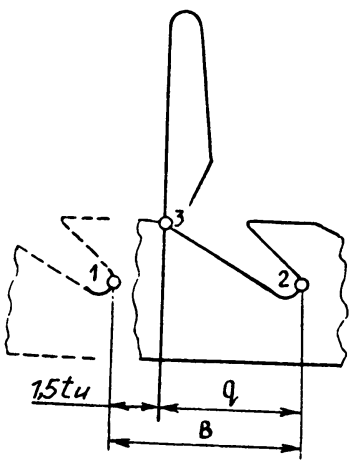


Рис. 2.1.25. Схема перемещения платин

При проектировании циклограммы работы машины и выборе закона движения ведомого звена определяют перемещения рабочих органов и рационально делят цикл петлеобразования на составные части. Циклограмма принимается за основу синтеза исполнительных механизмов движения рабочих органов, она необходима при регулировании и настройке машины, оценке степени совершенства с точки зрения удовлетворения требований технологического процесса.

Помимо циклограммы движения петлеобразующих органов целесообразно рассмотреть относительные траектории движения наиболее характерных точек рабочих органов, которые строят на фоне чертежа взаимного положения петлеобразующих органов, соответствующего началу цикла, т.е. наинизшему положению игольницы. При этом сохраняют взаимное положение рабочих органов и их положение по отношению к основанию машины. Траектория движения одного рабочего органа относительно другого (относительная траектория) может быть построена, если одному из двух рассмотренных рабочих органов помимо движения по своему графику придать движение по графику другого рабочего органа в обратном направлении, полагая его остановленным. Такая траектория показывает положение двух рабочих органов относительно друг друга в любой момент цикла петлеобразования.

Относительные траектории позволяют определить, какое взаимное положение занимают петлеобразующие органы в отдельные моменты процесса петлеобразования, насколько правильно это положение, насколько рассматриваемые движения отвечают требованию технологии и каким образом можно улучшить технологический процесс. Построения выполняются методами машинного проектирования в нескольких вариантах для возможности выбора оптимальных условий взаимодействия рабочих органов.

Наиболее совершенными однофонтурными основовязальными машинами, оснащенными движковыми (пазовыми) иглами, являются машины фирм К. Майер и Либа (Германия). Применение пазовой иглы в петлеобразующей системе основовязальной машины позволяет значительно сократить ее перемещение *1* и упростить закон движения (рис. 2.1.26), иглы имеют в верхнем положении выстой. Симметричность кривых делает такие законы перемещения предпочтительными при выборе исполнительного механизма для их реализации. Рассмотрение относительных траекторий движения рабочих органов позволяет проанализировать процесс петлеобразования и условия обслуживания машины.

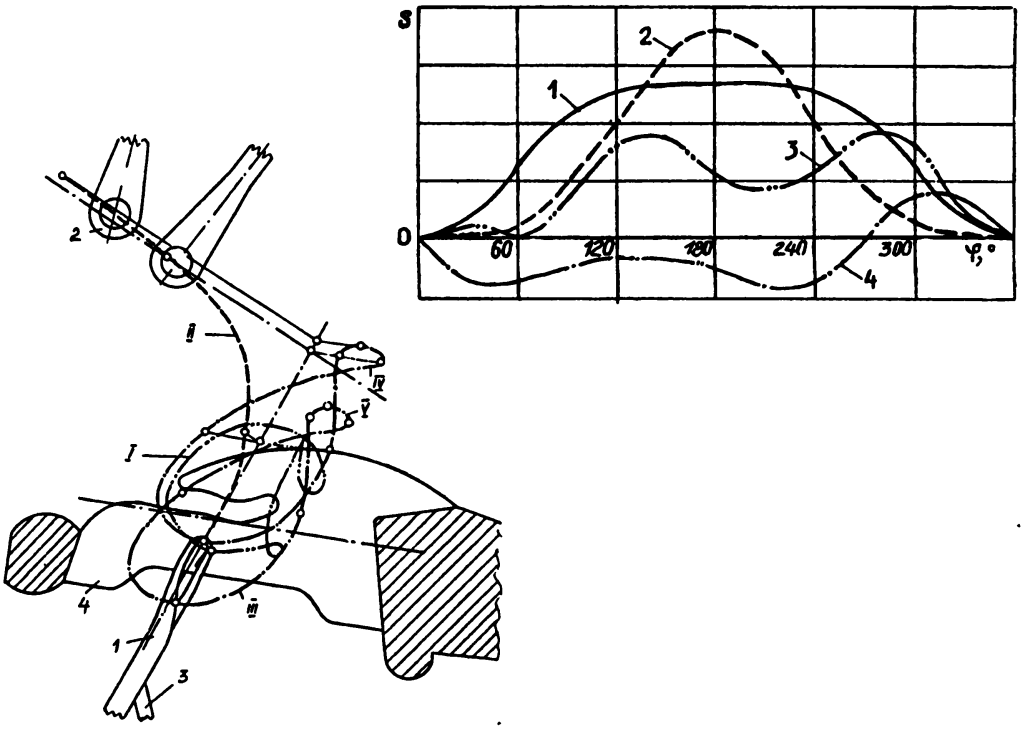


Рис. 2.1.26. Совмещенная диаграмма перемещений и перемещения рабочих органов машины "Концентра 11" фирмы Либа (Германия):
1 - пазовая игла; *2* - ушковина; *3* - замыкатель; *4* - платина

Из траектории *II* движения пазовой иглы *1* относительно ушковины *2* видно, что взаимодействие иглы и ушковины обеспечивает удобный подход ко второй гребенке при заправке нити без необходимости подъема впереди стоящей гребенки. Взаимное положение иглы *1* и ушковины *2* на участке траектории *II* позволяет правильно установить ушковины по высоте. Траектория *IV* движения пазовой иглы *1* относительно платин *4* также указывает на правильное взаимодействие иглы и платины с учетом специфической формы горловины платины. Траектория *III* движения кончика замыкателя *3* относительно платины *4* показывает своевременность достижения замыкателем наивысшего положения, когда верхняя грань платины переместила проложенную нить под крючок иглы. Выполнению этой функции предназначена особая форма верхней грани носика платины. Траектория *V* - движение верней границы канала замыкателя относительно платин.

Рассмотрение относительных траекторий движения петлеобразующих органов позволяет не только рационально скомпоновать на машине механизмы петлеобразования, но и спроектировать форму и размеры рабочих органов.

Двухфонтурные основовязальные машины. Двухфонтурные основовязальные машины по назначению и технологическим возможностям можно разделить на две группы: двухфонтурные основовязальные машины, оснащенные крючковыми иглами, двумя ушковыми гребенками и отбойно-заключающими платинами, вырабатывают двойное полотно в основном для перчаточного производства. Класс машин 28-32, ширина игольницы 2130 ÷ 3500 мм, скорость вязания 500 ÷ 600 рядов в минуту; двухфонтурные машины с отбойными платинами оснащены 6 - 16-ушковыми гребенками, язычковыми или пазовыми иглами. Ширина игольницы 1910 ÷ 5330 мм, скорость вязания 280 ÷ 800 рядов в минуту. Машины вырабатывают трикотаж двойного переплетения для верхней одежды, ковры, мебельные и декоративные полотна и полотна технического назначения. Группа включает более 20 моделей машин.

Особенности взаимодействия петлеобразующих органов двухфонтурной основовязальной машины можно проследить на примере

машины HDR-10 фирмы К. Майер, предназначенной для выработки двустороннего трикотажного полотна.

Совмещенная диаграмма перемещения рабочих органов имеет следующие особенности. Язычковые иглы передней игольницы при перемещении выстаивают в нижнем положении. График перемещения язычковой иглы задней игольницы аналогичен, но смещен в цикле на 180°. Таким образом, когда передняя игольница перемещается вверх, задняя игольница выстаивает. Графики перемещения отбойного гребня передней и задней игольниц совпадают и имеют форму гармонической кривой. Перемещение ушковин идентично перемещению отбойного гребня, но имеет противоположное направление. Использование в данной машине встречного движения рабочих органов позволило при незначительных по размеру перемещениях обеспечить процесс прокладывания нити при десяти линиях сдвига. Графики перемещения заключающих платин передней и задней игольниц смещены относительно друг друга на 180°, как и крайние положения игольниц. Относительные траектории построены по принципу, описанному выше.

Можно установить наиболее характерные и важные моменты взаимодействия рабочих органов и использовать это при проектировании новой машины или для правильной настройки машины в эксплуатации. Анализ относительных траекторий показывает, что благодаря встречному движению ушковин и игл обеспечивается надежное прокладывание нити на иглы при десяти ушковых гребенках и незначительном перемещении ушковин.

Двухфонтурные основовязальные машины, предназначенные для выработки плюшевых полотен или ковров, оснащены вяжущими иглами в одной игольнице и штифтами в другой.

Многогребеночные и жаккардовые основовязальные машины. Эти машины можно классифицировать на три группы.

Однофонтурные многогребеночные, вырабатывающие кружева, кружевное и гардинное полотно, оснащены в основном язычковыми иглами, имеют две - три грунтовые гребенки и более 40 рисунчатых. Класс машин 14 - 24, ширина игольницы 1910 ÷ 5330 мм, скорость вязания 320 ÷ 420 рядов в минуту.

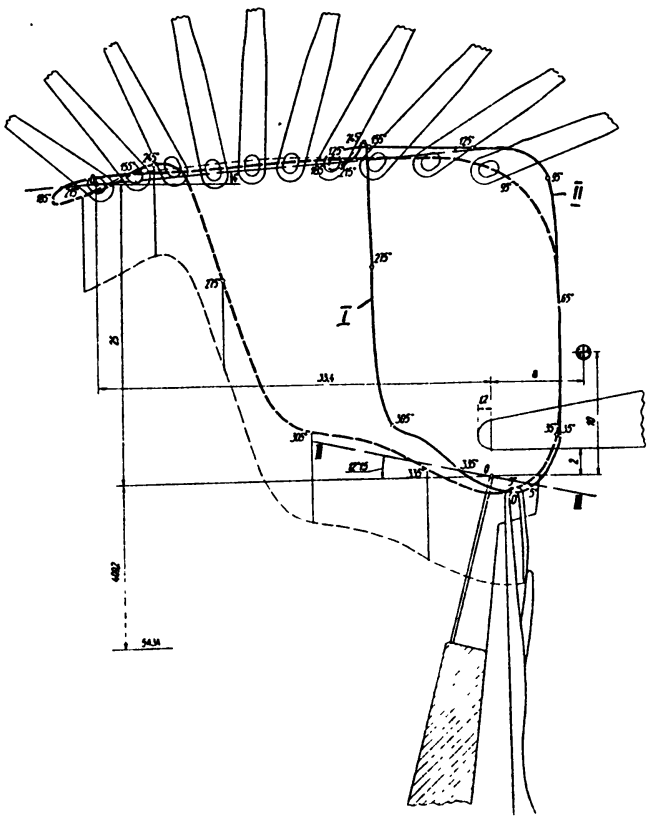


Рис. 2.1.27. Относительные траектории и настроечные данные вяжущей системы кружевной машины

Жаккардовые однофонтурные машины (восемь моделей), вырабатывающие полотно с мелкораппортным рисунком, кружевное и гардинное полотно, белье и верхние легкие изделия, оснащены язычковыми иглами или пазовыми иглами и одной или двумя жаккардовыми гребенками, некоторые имеют заключающее устройство. Класс машин 9-18, ширина игольницы 1910 ÷ 3800 мм, скорость вязания 300 ÷ 450 рядов в минуту.

Однофонтурные многогребеночные машины (более десяти моделей) с электронным узорообразующим механизмом, вырабатывающие кружевное полотно, оснащены язычковыми или пазовыми иглами, двумя или тремя грунтовыми гребенками и 50 рисунчатыми. Класс машин 18 - 24, ширина игольницы 3300 ÷ 5330 мм, скорость вязания 320 ÷ 420 рядов в минуту.

Особенности компоновки петлеобразующих органов на многогребеночных основовязальных машинах можно проследить на примере многогребеночной основовязальной машины РЗОК для выработки кружев и кружевного полотна. Траектория движения отбойного гребня и ушковин - дуги окружности большого радиуса, а траектория движения иглы - плоская замкнутая линия, благодаря чему возможна неподвижная установка заключающих платин. Относительными траекториями движения петлеобразующих органов являются (рис. 2.1.27): *I* движения язычковой иглы; *II* движения ушковин, *III* движения отбойного гребня. Траектория движения иглы относительно ушковин характеризует взаимодействие иглы, ушковины и заключающей платины. Благодаря встречному движению ушковин и иглы обеспечивается надежное прокладывание нити на иглы при десяти линиях сдвига ушковых гребенок.

Оснащение петлеобразующей системы основовязальной машины устройством для заключения отдельных проложенных на иглу нитей значительно расширяет ее возможности по ассортименту. Так, многогребеночные основовязальные машины, оснащенные заключающим устройством, могут вырабатывать гардинное и кружевное полотна с рельефным рисунком, а малогребеночные машины - формоустойчивые полотна.

Электронные жаккардовые устройства в сочетании с электронным узорообразующим и заключающим устройством позволяют быстро менять рисунок без изменения проборки узорных нитей в гребенки и количества узорообразующих нитей, а также отказаться от громоздких узорных цепей. Для обслуживания многогребеночных и жаккардовых основовязальных машин, оснащенных электронными узорообразующими механизмами, предназначены электронные системы подготовки рисунка.

Плетельные машины. Плетение - процесс, сопровождающийся взаимодействием минимум трех натянутых нитей, которые подаются в общую рабочую зону с перемещающихся в пространстве паковок. Структура плетения характеризуется тем, что каждая из нитей оплетки расположена наклонно к оси изделия и переплетена с остальными нитями. Плетеные изделия из нитей двух систем - основы и наполнения - обладают особыми эксплуатационными и декоративными свойствами. Применяя в качестве основы эластомерные нити, изготовляют эластичную тесьму; наполнение придает шнурам цилиндрическую форму.

Машинный способ получения плетеных изделий реализуют на машинах двух типов: с крылаточно-шестеренчатым приводом и карусельного типа. Первый наиболее распространен и обеспечивает выпуск плетеных изделий широкого ассортимента.

В зависимости от вида вырабатываемых изделий различают машины: тесьмоплетельные - для выработки плоских плетельных изделий; шнуроплетельные - для выработки круглых, полых, объемных изделий; сутажные - для производства сутажной тесьмы; канатоплетельные - для выработки объемных изделий диаметром более 8 мм; специальные - для выработки комбинированных и специальных изделий.

Основу плетельного производства составляют плетельные машины с крылаточно-шестеренчатым приводом, которые классифицируют по трем признакам: виду получаемого изделия; классу машины, определяемому по максимальному числу плетельных веретен, устанавливаемых на одной головке машины; числу плетельных головок на машине. Эти признаки положены в основу системы условных обозначений плетельного оборудования. Например, тесьмоплетельная машина 17 класса двухголовочная первого исполнения имеет обозначение: *Машина тесьмоплетельная марки ТП17-2-1.*

Кроме одной или нескольких плетельных головок и вытяжного устройства плетельные машины содержат веретена, узел формировочного органа, привод, соответствующие электрооборудование и средства автоматизации.

Плетельная головка обеспечивает переплетение перерабатываемых нитей между собой. Плетельные головки машины с крылаточно-шестеренчатым приводом в процессе работы перемещают веретена по заданным траекториям. Рабочие органы плетельной головки - крылатки, верхние и нижние полотна и переходники. Крылатки предназначены для перемещения веретен. Они представляют собой диски с выполненными по периферии пазами и неподвижно соединенными с зубчатыми колесами. Вертикальная ось крылатки жестко прикреплена к нижнему основанию машины.

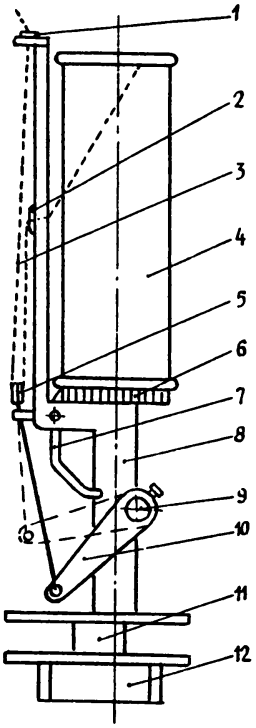


Рис. 2.1.28. Веретено плетельной машины

Основание представляет собой стальной лист толщиной порядка 10 мм. Над ним, несколько ниже нижней торцовой поверхности крылаток, установлено верхнее полотно, также выполненное из стального листа. Переходники вставлены между соседними крылатками и обеспечивают плавный переход веретена от одной крылатки к другой.

Вытяжное устройство предназначено для вывода готового изделия из зоны формирования. Вытяжные устройства могут быть валкового, барабанного и роликового типов.

Формировочные органы плетельных машин воздействуют на те участки нитей, которые находятся в рабочей зоне плетельной машины в пространстве, расположенном между плоскостью перемещения выходных глазков веретен и концом уже сплетенного изделия и влияют на структуру получаемого изделия. В качестве формировочных органов используют втулки, вилки и иглы. Поверхности органов, взаимодействующие с нитями, должны быть тщательно обработаны или иметь антифрикционное керамическое покрытие.

Плетельные веретена, перемещаясь по заданной траектории, подают нить оплетки с паковок с заданным натяжением в зону формирования изделия. Онн включают три основных элемента: направляющие органы, паковкодержатель и нитенатяжное устройство, которое выполняет также функцию компенсатора, так как потребление нити в процессе оплетки неравномерно. Благодаря компенсатору нить, подаваемая с паковок плетельных веретен, при нормальной их работе находится под постоянным заправочным натяжением. Наибольшее распространение получили веретена с пружинными компенсаторами. Конструкция веретена, представленная на рис. 2.1.28, имеет пятку *11*, с помощью которой веретено крепится на крылатках. Нижняя часть пятки переходит в направляющую пластину. На стойке *8* смонтированы все узлы и детали веретена. Верхняя часть стойки завершается выходным глазком *1*, а в средней части имеется глазок *2*. Глазки являются элементами нитенаправляющей гарнитуры веретена. Механизм, растормаживающий паковку для сматывания с нее нити, содержит свободно посаженное на вертикальной оси стойки *8* храповое колесо *6* и собачку *7*. На штырь колеса *6* надета паковка *4* с нитью *3*. Компенсирующий механизм содержит шарнирно укрепляющий рычаг *10*. Рычаг находится под воздействием пружины кручения *9* и посредством проволочной тяги соединен с глазком *5* компенсатора. Конструкция компенсирующего механизма позволяет регулировать силу, создаваемую пружиной *9* и передаваемую рычагом *10*, тягой и глазком *5* на нить *3*. При сматывании нити с паковки рычаг *10* взаимодействует с собачкой *7* храпового колеса и освобождает паковку для вращения.

Привод и электрооборудование - это электродвигатель, передача, снижающая частоту вращения валов, предохранительное устройство от перегрузок и устройство для ручного вращения крылаток.

Устройства для подачи нитей основы и наполнения можно классифицировать по двум признакам: способу подачи нитей - пассивной и принудительной (активной); виду паковки - группа паковок, навой, эластомерные нити, склеенные в ленты, и др.

Приемные (товароприемные) механизмы предназначены для наматывания на катушки продукции, отводимой из рабочей зоны машины. Основными элементами этих механизмов являются узел приемной катушки и раскладчик. Различают приемные механизмы с верхним и нижним расположением катушек.

Глава 2.2

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.2.1. МАШИНЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ХОЛСТОВ

Машины для получения волокнистых холстов используют в производстве нетканых материалов. Холст - слой волокон или элемен-

тарных нитей, связанных между собой силой собственного сцепления. Его используют в качестве наполнителя при получении большинства видов нетканых материалов. Ширина холста 0,5 ÷ 20 м, поверхностная плотность 20 ÷ 3000 г/м^2 из волокон различной длины (5 ÷ 300 мм) и природы (натуральные, химические, минеральные). Расположение волокон в холсте может быть ориентированным и неориентированным, структура холста - однослойной и многослойной.

Принцип действия холстоформирующих устройств заключается в преобразовании потока волокон в холст. В зависимости от способа получения потока волокон и воздействия на него различают механические, аэродинамические, гидродинамические, электростатические и фильерные холстоформирующие устройства.

Механические холстоформирующие устройства вырабатывают холст механическим воздействием на поток волокон, снимаемых в виде прочеса с чесальной машины. В зависимости от вида механического воздействия на прочес различают холстоформирование сгущением и сложением. На механических холстоформирующих устройствах можно получать холсты ограниченной и бесконечной длины, плоской и рукавной формы, со смещением и без смещения слоев.

Механическое холстоформирование сгущением осуществляется в основном на рандомизаторах, представляющих собой валичные холстоформирующие устройства, состоящие из обтянутых цельнометаллической пильчатой лентой валиков, последовательно расположенных после главного или съемного барабана чесальной машины. Принцип работы рандомизатора заключается в том, что волокна, образующие прочес, со съемного барабана *1* (рис. 2.2.1) переходят последовательно на рандомизирующие валики *2* и *3*, каждый из которых имеет скорость, меньшую по сравнению со скоростью предыдущего валика. Переход волокон на последующие валики происходит вследствие перекрестного расположения зубьев гарнитуры, а сгущение их - в результате снижения скорости. С последнего рандомизирующего валика холст снимается съемным валиком *4* и передается выпускной парой *6* и *7* на конвейер *8*. Остатки волокон с гарнитуры съемного валика снимаются очистительным валиком *5*. С главным барабаном чесальной машины взаимодействуют два съемных барабана *1* и *10*. Предхолсты, получаемые на верхнем и нижнем устройствах, складываются в общий холст на конвейере *9*.

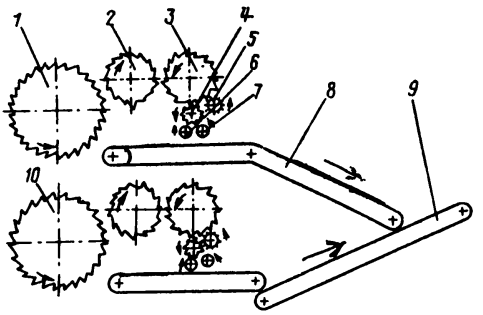


Рис. 2.2.1. Рандомизирующее устройство

Поверхностная плотность холста (г/м^2)

$$g_{\text{х}} = \alpha_{\text{с.б}}\, D_{\text{с.б}}\, n_{\text{с.б}} / (d_{\text{в.в}}\, n_{\text{в.в}}),$$

где $\alpha_{\text{с.б}}$ - загрузка гарнитуры съемного барабана чесальной машины волокнистым материалом, г/м^2; $D_{\text{с.б}}$ - диаметр съемного барабана по гарнитуре, м; $n_{\text{с.б}}$ - частота вращения съемного барабана, мин$^{-1}$; $d_{\text{в.в}}$ - диаметр выпускного валика, м; $n_{\text{в.в}}$ - - частота вращения выпускного валика, мин$^{-1}$.

Производительность устройства (кг/ч)

$$Q_{\text{т}} = 0{,}19\, d_{\text{в.в}}\, n_{\text{в.в}}\, g_{\text{х}}\, b_{\text{х}},$$

где $b_{\text{х}}$ - ширина холста, м.

Различные по конструкции рандомизаторы выпускают фирмы Рамиш КС и Хергет KD (Германия), Георгий Пасифик (США), А. Тибиан (Франция), Бефама (Польша) и др.

Наибольшее распространение среди отечественных холстоформирующих устройств получили механические преобразователи прочеса горизонтального типа. Преобразователь предназначен для многократного сложения прочеса, снимаемого со съемного барабана чесальной машины, и получения многослойного холста заданной ширины и поверхностной плотности с поперечно-ориентированной структурой.

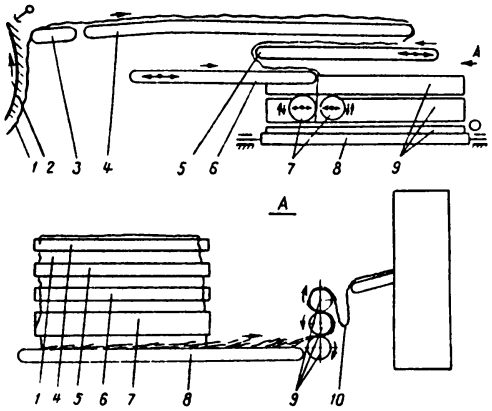


Рис. 2.2.2. Схема механического преобразователя прочеса горизонтального типа

Прочес *1* (рис. 2.2.2) снимается со съемного барабана *2* чесальной машины и подается на приемную решетку *3*, скорость v_1 которой на 1 ÷ 5 % выше скорости съемного барабана для исключения образования складок и заломов. С приемной решетки прочес переходит на верхнюю решетку *4*, движущуюся со скоростью v_1, после чего он подается на среднюю (компенсирующую) решетку *5*, нижнюю (раскладывающую) решетку *6* и, пройдя между валами *7*, раскладывается на поперечной (отводящей) решетке *8*.

Компенсирующая решетка получает относительное движение со скоростью v_1 в сторону, противоположную движению верхней решетки, а также возвратно-поступательное движение со скоростью 0,5 v_1, которое совершает вместе с кареткой. Раскладывающая решетка получает относительное движение со скоростью v_1, совпадающей по направлению со скоростью верхней решетки, а также возвратно-поступательное движение со скоростью v_1, которое совершает вместе с кареткой и раскладывающими валами.

Поперечная решетка движется с заданной скоростью в сторону уплотняющих валов *9*. Вследствие возвратно-поступательного движения раскладывающих валов и поступательного движения поперечной решетки прочес многократно складывается и одновременно в виде холста *10* отводится в сторону уплотняющих валов для дальнейшего скрепления в полотно.

Ширина холста зависит от хода каретки раскладывающей решетки. Поверхностная плотность холста

$$g_x = g_{пр}\, n_{сл}$$

или

$$g_x = v_{пр}\, g_{пр}\, b_{пр} / (v_x\, b_x),$$

где $g_{пр}$ - поверхностная плотность прочеса, г/м^2; $n_{сл}$ - число сложений прочеса в холсте; $v_{пр}$ и v_x - скорость соответственно прочеса и холста, м/мин; $b_{пр}$ и b_x - ширина соответственно прочеса и холста, м.

Производительность преобразователя прочеса (кг/ч)

$$Q_т = 0{,}06\, v_x\, g_x\, b_x.$$

Техническая характеристика отечественных преобразователей прочеса приведена в табл. 2.2.1. Механические преобразователи прочеса горизонтального типа выпускают фирмы Оскар Дило KD (Германия), Бефама (Польша), Асселен (Франция) и др.

Аэродинамическое холстоформирующее устройство создает воздушно-волокнистый поток и формирует из него волокнистый холст на различных приемных поверхностях. Устройство состоит из зон: съема волокон с чесальной машины, формирования воздушно-волокнистого потока и его транспортирования (шахты), формирования холста на приемной

2.2.1. Техническая характеристика преобразователей прочеса

Показатель	ПШ-1	ПШ-200	ПП-201	РХ
Агрегат, в состав которого входит преобразователь прочеса	АЧВШ-2	АЧВШ-4, АЧВШВ-4	АИН-182, АИН-1800М1, АИН-1800М-01, АИН-1800И-02	АЧВ-3
Рабочая ширина, мм:				
продольной решетки	1880	2096	2000	1090
поперечной решетки	2020	2020	2000	2020
Скорость, м/мин, не более:				
приема прочеса	20	35	40	35
выхода холста	3,2	2,9		2,9
Число сложений прочеса	12 - 36	9 - 36	12 - 36	12 - 36
Ширина холста, м	1,3 ÷ 1,9	1,3 ÷ 1,9	1 ÷ 2	1,3 ÷ 1,9
Поверхностная плотность холста, г/м^2	100 ÷ 400	150 ÷ 300	До 3000	100 ÷ 300

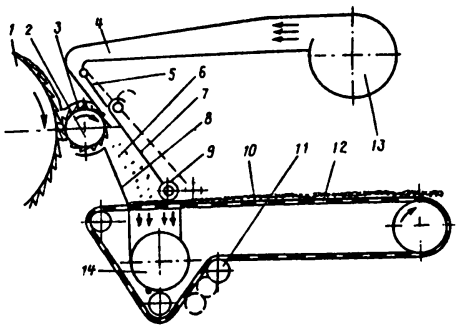


Рис. 2.2.3. Схема аэродинамического холстообразователя АХА-2000

поверхности и выхода готового холста. Съем волокон с гарнитуры главного или съемного барабана может осуществляться как механическим воздействием, так и потоками воздуха. Приемные поверхности могут быть выполнены в виде сетчатых барабанов, а также транспортерных лент (воздухопроницаемых и непроницаемых, подвижных или неподвижных).

На рис. 2.2.3 приведена схема отечественного аэродинамического холстообразователя АХА-2000, который входит в состав линии ЛТ-2000, а также может быть использован с другими агрегатами. Волокнистый материал *3* с гарнитуры главного барабана *1* снимается съемно-чешущим валиком *2*. Волокна потоком воздуха, поступающего из воздуховода *4* от вентилятора *13* и выходящим из сопла *5*, снимаются с гарнитуры валика и подаются в шахту *6*, которая состоит из боковых, подвижной передней *7* и неподвижной задней *8* стенок. В шахте создается разрежение, в результате чего волокна ровным слоем укладываются на сетчатом конвейере *12*. На выходе из зоны холстоформирования холст *10* уплотняется валиком *9*, который также обеспечивает герметичность зоны. Лента конвейера натягивается валиком *11*. Отсос воздуха из зоны холстоформирования осуществляется вентилятором *14*. Техническая характеристика холстообразователя АХА-2000 следующая: рабочая ширина 2000 мм; производительность 162 кг/ч; поверхностная плотность холста 200 ÷ 500 г/м^2.

Фильерные холстоформирующие устройства позволяют вырабатывать холсты непосредственно на установках получения химических нитей. Непрерывные элементарные нити, получаемые из расплава полимера, экструдируемого через фильеры, проходят через шахту, в которой подвергаются вытягиванию, ориентации, охлаждению, эмульсированию, после чего в виде пучка подаются раскладывающим устройством на приемную поверхность и формируют холст.

2.2.2. ВЯЗАЛЬНО-ПРОШИВНЫЕ МАШИНЫ

Вязально-прошивные машины предназначены для скрепления основы нитями или волокнами холста, образующими трикотажные переплетения. Они перерабатывают практически все виды текстильных волокон и нитей (пряжи), а также волокнистые отходы текстильных производств, восстановленные волокна, нетекстильные материалы типа полимерных пленок и др. В зависимости от перерабатываемого сырья вязально-прошивные машины специализированы на переработке волокнистого холста и нитей, каркасного материала и нитей, каркасного материала и волокон, только волокнистого холста или только нитей. Машины всех типов состоят из остова, привода, петлеобразующей системы, а также механизмов подачи перерабатываемого продукта, оттяжки и намотки полотна.

Петлеобразующая система машины представляет собой совокупность исполнительных органов и механизмов их привода. Исполнительные органы выполнены в виде брусьев с установленными на них одноименными петлеобразующими деталями: движковыми иглами *7* (рис. 2.2.4), ушковинами *6*, заключающими *8* и отбойными *9* платинами. Брусья изготовлены из магниевых сплавов. Каждый брус получает движение от нескольких одинаковых механизмов, число которых зависит от рабочей ширины машины. На машинах с рабочей шириной 1600 ÷ 1800 мм брус движковых игл (игольница) получает движение от четырех одинаковых механизмов, размещенных вдоль игольницы.

Петлеобразующие детали закреплены на брусьях на расстоянии, равном игольному шагу - расстоянию между осями соседних игл, определяемому классом машины, т.е. числом игл, приходящихся на условную единицу длины игольницы.

В машинах России и Германии игольный шаг 25 мм, а в машинах Чехии - 100 мм. В России выпускают вязально-прошивные машины серии ВП трех классов: 2,5; 5; 10, в Чехии - машины серии Архане модификаций 40, 50, 60.

В Германии вязально-прошивные машины серии Малимо имеют следующие классы: 3; 3,5; 7; 10; 12; 14; 18; 22. Машины ниже класса 10 применяют для выработки нетканых материалов типа ватинов; на машинах классов 10 и выше вырабатывают формоустойчивые полотна типа тканей. Классом машины определяется также плотность вязания по ширине $П_ш$, которое числено равна числу петельных столбиков, приходящихся на 50 мм ширины материала.

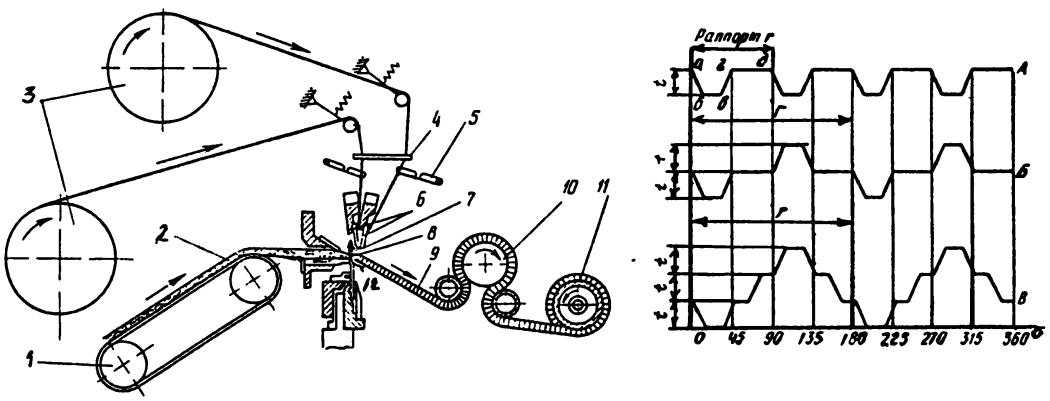


Рис. 2.2.4. Схема вязально-прошивной машины серии ВП и контур развертки кулачка

Скрепление основы может осуществляться с помощью одной системы прошивных нитей (одногребеночные переплетения) или двух систем прошивных нитей (двухгребеночные переплетения).

На машинах серий ВП и Маливатт применяют различные по конструкции пазовые, а серии Арахне - трубчатые иглы. Последние по сравнению с иглами машины серии ВП короче, что увеличивает их устойчивость в работе. Иглы и замыкатели изготовляют из инструментальной углеродистой стали, подвергают термообработке и шлифуют. Размеры игл, замыкателей и их отдельных участков регламентированы. Стержни игл, их головки (крючки), паз, пятки и стержни замыкателей должны быть прямыми и находиться в одной плоскости. Поверхности иглы и замыкателя не должны иметь зазубрин, раковин, заусенцев и других дефектов.

Для машин серии ВП иглы заливают по одной или две (машины класса соответственно 5 и 10) в специальный сплав. При заправке машины на класс 2,5 между плитками, имеющими по одной игле, устанавливают одну плитку без иглы. Состав применяемого сплава может быть различным, например (%): свинец 50, баббит 37, сурьма 13; олово 5, свинец 95; свинец 60, баббит 40. В частности, для этой цели можно использовать сплав СТ-2 (типографский оловянистый) с температурой при заливке 525 °С.

Прочность соединения сплава с иглами достигается благодаря тому, что иглы (как ушковины и платины) имеют на участке, заливаемом сплавом, фигурные вырезы и насечки. Одним из путей увеличения скорости провязывания является уменьшение массы всех движущихся частей, в том числе и рабочих органов. Поэтому для заливки целесообразно применять сплав с минимальным содержанием свинца или полимерные материалы. На машинах серии Арахне объем участков заливки сплавов рабочих органов сведен к минимуму благодаря частичной замене его тонкими металлическими пластинами.

Основное назначение заключающих *8* и отбойных *12* платин (см. рис. 2.2.4) - создание опорной поверхности для холста при его провязывании. На машинах серий ВП и Арахне заключающие платины представляют собой подвижные пластинки, изготавливаемые штамповкой из стальной углеродистой ленты. Толщина пластинок зависит от класса машины. На машинах серии Арахне их изготовляют также в виде гребня (металлического угольника с фрезерованными зубьями). Отбойные платины этих машин неподвижны, они объединены в плитки заливкой стальных пластинок с обоих концов (машины ВП) или изготовлены в виде гребня, концы которого соединены рейкой, в результате чего образуется металлическая решетка (Арахне). На машинах серии Мали отбойные неподвижные платины представляют собой изогнутые стальные пластинки, соединенные с обоих концов. Роль заключающих платин на машинах низких классов выполняет заключающая пластина с прорезями, а на машинах класса 10 и выше - стальные штифты. Ушковины *6* представляют собой пластинки переменного сечения. Рабочая часть ушковин - расплющенный участок с отверстием - имеет минимальную толщину. Размеры ушковин регламентированы. Их поверхность в зоне соприкосновения с нитью должна быть отшлифована. Для увеличения срока службы ушковые иглы иногда хромируют.

Расчет циклограммы машины, определяющей взаимодействие исполнительных органов с целью осуществления последовательности технологических операций, выполняется с учетом технологических, конструктивных и кинематических ограничений. Технологиче-

ские ограничения определяются условиями выполнения технологических операций, конструктивные зависят от формы, размеров и компоновки исполнительных органов, кинематические связаны с кинематическими возможностями рычажных механизмов по воспроизводимым законам движения.

Число подвижных исполнительных органов зависит от технологических возможностей вязально-прошивной машины. Для двухгребеночных машин характерно наличие пяти подвижных исполнительных органов: игольного бруса, бруса движков, бруса заключающих платин, первой и второй ушковых гребенок. Известны машины, у которых исполнительные органы получают движение от шестизвенных и восьмизвенных рычажных механизмов, однако на современных вязально-прошивных машинах применяют в основном рычажные четырехзвенники.

Управление сдвигом гребенок с ушковинами *б* осуществляется специально спрофилированным кулачком. Сдвиг гребенки с ушковинами согласуется с перемещением движковых игл. Применение для этой цели кулачка позволяет упростить конструкцию механизма, обеспечить надежность его работы и повысить скорость провязывания. Для создания оптимальных условий сдвига гребенок без уменьшения скорости провязывания, применяют кулачки большого диаметра и увеличивают частоту их вращения. На машинах отечественного производства за время вязания одного петельного ряда кулачок поворачивается на 90°. Сдвиг гребенки на один игольный шаг занимает 1/8 окружности кулачка, т.е. 45°.

В контуре развертки кулачка (см. рис. 2.2.4) укладываются четыре раппорта переплетения цепочка *А* и по два раппорта переплетения: трико *Б* и сукно *В*. Горизонтальные участки развертки профиля кулачка соответствуют выстою или прокачиванию гребенок с ушковинами. Наклонные линии развертки соответствуют сдвигам гребенок с ушковинами. Участок *аб* соответствует сдвигу гребенки, находящейся в заднем положении (за спинками игл); участок *бв* - прокачиванию в переднее положение; участок *вг* - сдвигу в переднем положении; участок *гд* - выстою и прокачиванию в заднее положение. Величина *t* определяется игольным шагом. К механизмам подачи перерабатываемого продукта относятся конвейер *1* для подачи волокнистого холста *2*, устройство для подачи каркасного материала и механизмы нитеподачи. При переработке каркасного материала машины оснащают приспособлениями для устранения складок, а также устройствами, регулирующими натяжение каркаса. Конвейер *1* для подачи волокнистого холста получает движение от главного вала через систему механических передач с регулируемым передаточным отношением для изменения подачи волокнистого холста. Тип применяемого механизма нитеподачи зависит от класса вязально-прошивной машины: на машинах до класса 5 используют шпулярники, а на машинах более высоких классов нити подаются с навоев.

Машины оснащены механизмами свободной или принудительной подачи нитей с навоев *3*. В случае использования механизмов принудительной подачи вал навоя снабжают приводом, который включается автоматически в зависимости от натяжения нитей. Свободная подача нитей обеспечивается вращением навоя под действием натяжения нитей, которое регулируется путем изменения тормозного момента на валу навоя. Тормозной момент, как правило, создается ленточными тормозами. Нити в процессе работы машины используются неравномерно, поэтому в механизме нитеподачи имеется компенсатор, который конструктивно выполнен в виде легкого бруса *4*, установленного на пружинах. Перезаправка машины связана с длительными простоями. С целью уменьшения числа перезаправок увеличивают объем навоя путем увеличения диаметра фланцев катушки до 600 мм и более.

Механизм оттяжки и намотки полотна обеспечивает натяжение и вывод полотна *9* из зоны формирования, а также намотку полотна в рулон. При необходимости получить рулон полотна большого диаметра механизм намотки отделяют от механизма оттяжки. Механизм оттяжки полотна имеет группу параллельных валов, последовательно охватываемых полотном. Как правило, один из этих валов *10* имеет фрикционное покрытие и получает принудительное вращение; остальные валы являются направляющими, самостоятельного привода не имеют и служат для увеличения угла охвата полотном оттяжного вала.

С помощью механизма оттяжки обеспечивается заданная плотность вязания по длине $П_д$, которая числено равна числу петельных рядов, приходящихся на 50 мм длины полотна. К механизму оттяжки относятся механические передачи, передающие движение от главного вала к оттяжному, в которых предусмотрена возможность изменения передаточного отношения с целью регулирования величины $П_д$. На машинах применяют механизмы для намотки материала на товарный вал *11* или для фрикционной намотки полотна в рулон при незначительном натяжении. Последний механизм содержит один или несколько фрикционных валов, на которые опирается рулон полотна. Привод валов осуществляется либо от оттяжного вала, либо от индивидуального электродвигателя.

Производительность вязально-прошивной машины зависит от частоты вращения главного вала, $П_д$ вырабатываемого полотна и КПВ (коэффициента полезного времени) машины. Наиболее производительны машины для изготовления нетканых материалов с волоконными петлями, поскольку они обладают наиболее высоким КПВ из-за отсутствия технологических простоев, связанных с обрывами и перезаправкой нитей. Петлеобразующая система этих машин оснащена подвижными движковыми иглами и неподвижными отбойными платинами; заключающие платины могут устанавливаться подвижно или неподвижно. Машины с неподвижными заключающими платинами характеризуются наиболее простой кинематикой петлеобразующей системы, однако максимальная толщина волокнистых холстов, перерабатываемых на этих машинах, ограничена.

На машинах, предназначенных для переработки только нитей, в качестве основы вместо волокнистого холста используют две системы наложенных друг на друга нитей: уточных нитей, ориентированных поперек вырабатываемого полотна, основных нитей, ориентированных вдоль полотна. Нити обеих систем скреплены петлями основовязального переплетения, которые формируются из нитей третьей системы (прошивных). Вырабатываемые на этих машинах полотна обладают повышенной прочностью, поэтому они широко используются в технике, быту и строительстве. Большое распространение получили полотна, выработанные с использованием лишь системы уточных нитей, скрепленных между собой петлями прошивных нитей. Конвейер для перемещения уточных нитей в рабочую зону представляет собой две параллельные цепи, звенья которых снабжены крючками для захвата уточных нитей. Уточные нити подаются со шпулярников и размещаются на крючках конвейерных цепей с помощью специальной каретки, которая получает возвратно-поступательное движение в направлении, перпендикулярном к направлению движения полотна. Основные нити подаются с навоя через специальную гребенку ушковых игл.

Вязально-прошивные машины оснащены автоматизированными устройствами контроля перерабатываемых нитей, системами автоостанова *5* (см. рис. 2.2.4), срабатывающими при обрыве нитей, приводом тихого хода и дополнительными устройствами, которые через систему датчиков управляют машиной по заданной программе: останавливают в положении удобном для заправки нити, измеряют длину полотна, определяют величину $П_д$ вырабатываемого полотна и рабочую скорость машины. Важнейшей вспомогательной системой является система виброизоляции. В качестве виброизоляторов используют винтовые цилиндрические пружины, устанавливаемые под каждой из четырех опор машины.

Отечественные вязально-прошивные машины отвечают требованиям эргономики, их рабочая зона расположена над уровнем пола на высоте 1000 ÷ 1200 мм; при этом центр тяжести машины размещен ниже ее опорной поверхности, обеспечивая устойчивость машины на виброизоляторах, которые расположены над уровнем пола на высоте 800 мм на специальной раме. Такое техническое решение переводит машину напольного типа в разряд настольных машин и не менее чем в 1,5 раза уменьшает массу.

Наиболее полно разновидности вязально-прошивных машин представлены серией Мали, которая включает машины следующих типов: Малимо - провязывание одной или нескольких систем взаимно перекрещивающихся нитей прошивными нитями; Маливатт - провязывание волокнистого холста прошивными нитями; Малифлис - провязывание волокнистого холста волокнами этого же холста; Малиполь - провязывание каркасного материала прошивными нитями, образующими при этом ворсовые петли; Малифоль - переработка пленочных нитей; Шуссполь - провязывание нитей уточной и ворсовой систем прошивными нитями с образованием петельного ворса; Вольтекс - провязывание каркасного материала волокнами дублируемого с ним холста с образованием ворсовой поверхности.

2.2.3. ИГЛОПРОБИВНЫЕ МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ

Значительное количество нетканых материалов вырабатывают иглопробивным способом. Механическое упрочнение волокнистых холстов путем иглопрокалывания позволяет вырабатывать широкий ассортимент нетканых материалов, которые не только успешно конкурируют с традиционными полотнами, но в некоторых случаях превосходят их по качественным показателям (например, материалы для фильтров, сукна для бумагоделательных машин). Развитие иглопробивного способа производства нетканых материалов обусловлено следующим: относительной простотой, большой рабочей шириной и высокой производительностью оборудования; возможностью перерабатывать волокнистые холсты практически любой структуры, сформированные аэродинамическим, механическим или другими способами из натуральных и химических волокон всех видов, а также волокнистых отходов.

Иглопробивной способ не требует использования прошивных нитей и связующих для упрочнения холста, открывает широкие возможности для создания комплексных поточных линий, благодаря легкой агрегируемости иглопробивных машин с другими видами

оборудования. Свойства иглопробивных материалов определяются множеством факторов, связанных с организацией технологического процесса, начиная от выбора волокнистого сырья и кончая собственно иглопрокалыванием. На структуру нетканого материала и его характеристики влияет процесс иглопрокалывания: конструкция используемых иглопробивных машин, параметры применяемых игл, режим иглопрокалывания и др.

Иглопробивной способ производства нетканых материалов основан на прокалывании специальными иглами с зазубринами прочесанного волокнистого холста, в результате чего волокна верхнего слоя внедряются во все слои холста и удерживаются в них силами трения и сцепления между волокнами.

Принципиальная схема иглопробивной машины представлена на рис. 2.2.5. Сформированный волокнистый холст *1* с помощью питающего конвейера *2* подается в зону иглопрокалывания, где между очистительным *4* и подкладочным *3* столами подвергается воздействию игл игольницы *5*, совершающей возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости. Подкладочный и очистительный столы выполнены в виде перфорированных плит, через отверстия которых свободно проходят иглы, прокалывающие холст.

Глубина погружения игл в отверстия подкладочного стола характеризуется глубиной прокалывания, определяющей количество проникающих в холст зазубрин иглы и, соответственно, эффективность процесса иглопрокалывания. Глубина прокалывания регулируется путем одновременного перемещения подкладочного и очистительного столов с помощью специального механизма в вертикальном направлении. Готовый нетканый материал *7* выводится с помощью оттяжной пары *6* периодически в момент выхода игл из холста и наматывается на рулон *8* накатным устройством. Прокалывание волокнистого холста может осуществляться перпендикулярно к его поверхности или под острым углом к ней, с одной или с обеих сторон холста одновременно или поочередно.

Пробивная игла крепится в игольную доску стержнем *2* (рис. 2.2.6). Диаметр стержня D равен диаметру проволоки, из которой изготовлена игла. Стержень заканчивается

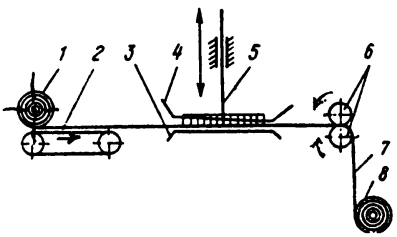


Рис. 2.2.5. Схема иглопробивной машины

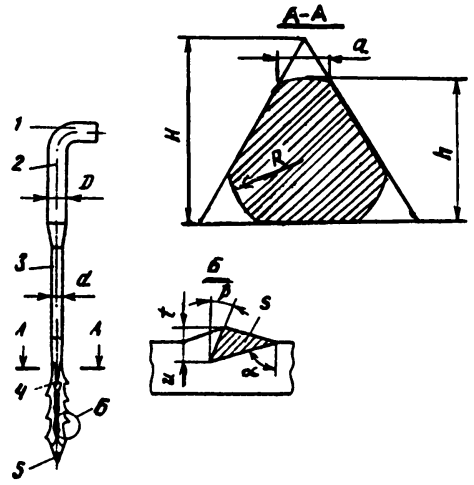


Рис. 2.2.6. Пробивная игла

коленом *1*, изогнутым под углом 90° к оси иглы. Колено фиксирует положение иглы в игольной доске. Рабочая часть иглы - лезвие *4* с зазубринами и острием *5*. Двухразмерные иглы имеют между стержнем и лезвием промежуточную часть *3*, диаметр которой $d < D$. Простые одноразмерные иглы промежуточной части не имеют.

Лезвие иглы может иметь различную форму поперечного сечения (квадратную, круглую, ромбическую, винтовую, трехгранную, с вогнутыми сторонами и др.). Наиболее распространены иглы с трехгранным сечением лезвия, на каждом ребре которого расположены по три зазубрины. Размеры H и h поперечного сечения определяют прочность и активность иглы (среднее число волокон, которое игла способна захватить и провести через всю толщину холста за один прокол). Активность иглы зависит от размеров поперечного сечения и типа зазубрин. Размер H определяет высоту теоретического равностороннего треугольника, из которого путем скругления углов радиусом R получено реальное сечение изделия, размер h - высоту реального сечения лезвия.

Длина хорды a, соединяющей концы дуги с радиусом R - ширина ребра лезвия a, определяет форму зазубрин и их ширину. При постоянном диаметре заготовки под трехгранник величина a определяется размерами H и h.

Размеры сечения лезвия иглы следующие:

$$a = 2R\sin\left(\arcsin\frac{H-h+R}{2R} - 30^\circ\right);$$

$$H = 2R\sin\left(\arcsin\frac{a}{2R} + 30^\circ\right) + h - R.$$

Радиус R зависит от условий течения материала заготовки при изготовлении трехгранника. Обычно

$$R = (0{,}3 \div 0{,}45)\, d_3,$$

где d_3 - диаметр заготовки под трехгранник.

Площадь поперечного сечения трехгранника лезвия

$$s_л = 0{,}577H^2 - 5{,}196R\sin\left(\arcsin\frac{H-h+R}{2R} - 30^\circ\right) + 1{,}5R^2\left[\frac{2\pi\left(\arcsin\frac{H-h+R}{2R} - 30^\circ\right)}{180^\circ} - \sin 2\left(\arcsin\frac{H-h+R}{2R} - 30^\circ\right)\right].$$

Основной стандартизуемый параметр поперечного сечения лезвия иглы - высота трехгранника h (измеренная в миллиметрах и умноженная на 100 дает номер иглы). Стандартные иглы имеют интервал номеров 45 - 160. Для стандартных игл выбрано $H:h = 1{,}1 \div 1{,}2$, что дает достаточно острые ребра трехгранного лезвия и обеспечивает нормальную форму зазубрин. При увеличении соотношения $H:h$ возрастает ширина ребра a и сила, которая необходима для деформации металла при штамповке зазубрин. При $H:h < 1{,}1$ возникает опасность появления заусенец и выступающая часть зазубрин становится слишком острой, что уменьшает износостойкость игл. К основным размерам зазубрин относятся: t - высота зазубрины; u - глубина подрезки; β - угол наклона зазубрины; α - угол дна подрезки; s - площадь засечки.

Расстояние между зазубринами на каждом ребре лезвия одинаковое. Ряды зазубрин на ребрах лезвия смещены относительно друг друга на равное расстояние. Размеры зазубрин стандартных игл определяются с учетом следующих соотношений: $h/s = \text{const} = C$; $t/u = \text{const} = L$; $s = 0{,}5u\,(\text{tg}\alpha - \text{tg}\beta)(t + u)$.

Константы C и L зависят от вида зазубрин. Отечественные пробивные иглы выпускают с четырьмя видами зазубрин: увеличенными (C = 20 мм$^{-1}$, L = 0,36), нормальными (C = 10 мм$^{-1}$, L = 0,36), без выступающей части (C = 10 мм$^{-1}$, $L \le 0{,}1$), уменьшенными (C = 5 мм$^{-1}$, L = 0,36). Причем $s / d_в$ = 80 - 160 (где $d_в$ - диаметр волокна, мкм). Номер иглы

$$N = (20 \div 40)\ 10^{-4}\,\pi\ C\ d_в^2.$$

Диаметр волокна

$$d_в = E_1\sqrt{N},$$

где E_1 - постоянная, зависящая от вида зазубрин; для увеличенных зазубрин E_1 = 5,6 ÷ 8; для нормальных E_1 = 2,8 ÷ 4; для уменьшенных E_1 = 1,4 ÷ 2.

Для изготовления пробивных игл применяют калиброванную стальную углеродистую отожженную проволоку марки И3 или И2 из стали У10А.

Иглы набирают в игольную доску иглопробивной машины в определенном порядке, обеспечивающем равномерное распределение следов от проколов на поверхности обрабатываемого холста и исключающем возможность попадания иглы в след от предыдущего прокола. Число набираемых в игольную доску игл характеризуется проекционной плотностью игл, которая равна числу игл, приходящихся на 1 м длины игольной доски (или на 1 м рабочей ширины иглопробивной машины). Проекционная плотность игл является одной из важнейших характеристик иглопробивной машины, определяющих эффективность уплотнения волокнистого холста: при прочих равных условиях пропорционально увеличению проекционной плотности игл возрастает плотность прокалывания, т.е. число проколов, приходящихся на 1 см^2 площади обрабатываемого материала. Как правило, система набора игл позволяет убрать часть игл, уменьшая тем самым их проекционную плотность и сохраняя при этом равномерность распределения оставшихся игл по площади игольной доски.

По назначению иглопробивные машины подразделяют на машины для предварительного и основного иглопрокалывания, для выработки структурированных иглопробивных нетканых материалов, для изготовления сукон для бумагоделательных машин. Основными производителями иглопробивного оборудования являются фирмы Ферер и ДОА (Австрия), Дило (Германия), Асселен (Франция), а пробивных игл для иглопробивных машин - фирмы Зингер и Грос-Беккерт (Германия), Торрингтон (США).

Особенностью работы иглопробивных машин для предварительного иглопрокалывания являются скрепление различными способами рыхлого волокнистого холста большой толщины, который необходимо без нарушения структуры провести через зону иглопрокалывания. Большинство иглопробивных машин

для предварительного иглопрокалывания оборудованы уплотняющими устройствами в виде системы валиков, наклонного конвейера или других механизмов, расположенных над питающим конвейером и обеспечивающих уменьшение толщины холста перед поступлением его в зону иглопрокалывания. На иглопробивных машинах серии Ди-Так фирмы Дило холст перемещается через зону иглопрокалывания на щеточном конвейере, выполняющем одновременно роль подкладочного стола.

Иглопробивные машины для предварительного иглопрокалывания часто оборудованы специальными устройствами ввода, основными элементами которых являются питающие валики большого диаметра, сжимающие рыхлый холст, и направляющие пластины, сопровождающие холст в сжатом состоянии непосредственно до первых игл зоны иглопрокалывания. Подкладочный и очистительный столы иглопробивных машин для предварительного иглопрокалывания фирмы Асселен выполняют в виде вращающихся барабанов с отверстиями, внутри которых расположены игольницы, обрабатывающие проходящий между барабанами холст. На иглопробивных машинах фирмы ДОА очистительный стол в момент подачи холста в зону иглопрокалывания поднимается. Иглопробивные машины для предварительного иглопрокалывания имеют частоту иглопрокалывания до 1200 мин$^{-1}$, проекционную плотность игл 1000 ÷ 3000 м$^{-1}$, длину хода игольницы до 60 мм, рабочую ширину 1,1 ÷ 6,6 м, скорость выпуска до 10 м/мин. Эти машины, как правило, имеют одну игольницу, осуществляющую прокалывание холста сверху вниз.

Основной задачей иглопробивных машин для основного иглопрокалывания является обеспечение требуемой объемной плотности нетканого материала при достаточно высокой скорости выпуска. Иглопробивные машины для основного иглопрокалывания оснащены одной, двумя или четырьмя игольницами, осуществляющими обработку холста сверху, снизу или с обеих сторон поочередно или одновременно. Эти машины имеют рабочую ширину 1,1 ÷ 6,6 м, проекционную плотность игл до 20 000 м$^{-1}$ (при максимальном числе игольниц), частоту иглопрокалывания до 2200 мин$^{-1}$, длину хода игольницы 25 ÷ 60 мм, скорость выпуска материала до 50 м/мин. Дальнейшее совершенствование иглопробивных машин для основного иглопрокалывания направлено на повышение их производительности в основном путем увеличения частоты иглопрокалывания и проекционной плотности игл.

Иглопробивные машины для выработки структурированных нетканых материалов используют при изготовлении изделий с ворсовым узором, образуемым пучками волокон, выбиваемых иглами на поверхность холста. Эти машины оборудованы специальными подкладочными столами, имеющими либо форму вертикальных пластин параллельных направлению движения материала, с промежутками для прохода игл (фирма Ферер), либо форму вращающихся барабанов с кольцевыми канавками на поверхности (фирмы Дило и Асселен). Для выработки структурированных нетканых материалов применяют специальные пробивные иглы, обладающие повышенной захватывающей способностью. К ним относятся иглы с одной увеличенной зазубриной, а также иглы типа "ласточкин хвост" с лезвием круглого поперечного сечения и вилкообразным острием. Получение заданного рисунка обеспечивается, как правило, выбором соответствующего расстояния между пластинами подкладочного стола, а также изменением глубины прокалывания в процессе работы машины за счет периодических подъемов и опусканий игольницы или подкладочного стола. Иглопробивные машины для выработки структурированных иглопробивных полотен имеют одну или две последовательно установленные игольницы, рабочую ширину 1,1 ÷ 6,6 м, частоту иглопрокалывания до 1200 мин$^{-1}$, проекционную плотность игл до 8000 м$^{-1}$, длину хода игольницы до 60 мм, скорость выпуска материала до 18 м/мин. Обработка материала осуществляется, как правило, с одной стороны.

Особенностью иглопробивного оборудования для изготовления сукон для бумагоделательных машин является увеличенная рабочая ширина (до 16 м). Машина имеет одну - четыре игольницы, осуществляющие обработку материала с одной или обеих сторон. Длина хода игольницы составляет обычно 60 мм, частота иглопрокалывания до 600 мин$^{-1}$, проекционная плотность игл до 6000 м$^{-1}$ (для трех игольниц).

В зависимости от ассортимента перерабатываемого сырья и полуфабрикатов иглопробивные машины или отдельные узлы и детали стремятся унифицировать, расширить возможности взаимозаменяемости узлов.

Иглопробивные машины фирмы Ферер отличает агрегатный принцип построения привода игольницы. Все движущиеся части привода (приводной вал, эксцентрики, шатуны и др.) заключены в геометрично закрытые коробки, заполненные маслом, и вместе с элементом игольницы представляют собой единый узел. Присоединение этих узлов в ряд друг к другу позволяет создавать иглопробивные машины с различной рабочей шириной. Синхронная работа всех узлов обеспечивается путем соединения участков главного приводного вала зубчатыми муфтами.

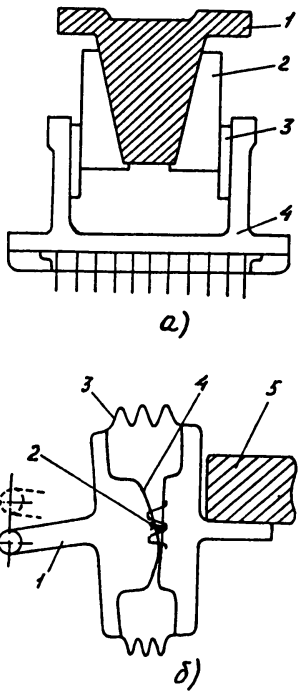


Рис. 2.2.7. Направляющие устройства игольницы:
а - традиционное; *б* - фирмы Дило

Многие иглопробивные машины фирмы Ферер имеют на приводном валу кроме приводных эксцентриков балансировочные противовесы, движущиеся в противофазе по отношению к эксцентрикам. Машины этой фирмы оснащены специальными многослойными игольными досками, изготовленными из легкого магниевого сплава с полимерным покрытием.

На рис. 2.2.7, *а* приведена традиционная система привода игольницы. Точность возвратно-поступательного движения игольницы достигается с помощью прикрепленных к раме *1* машины бронзовых направляющих *2*, по которым скользят гладкие закаленные пластины *3*, жестко связанные с игольницей *4*. Работа системы сопровождается трением и нагревом машины; возможно загрязнение оборудования и обрабатываемого материала.

Фирмой Дило применяется новое направляющее устройство для обеспечения точного возвратно-поступательного движения игольницы. Скольжение по направляющим заменено перекатыванием. При этом главные функции выполняют зубчатые сегменты *2* (рис. 2.2.7, *б*), имеющие на обеих сторонах этих сегментов перекатывающиеся гладкие криволинейные щеки *4*. Абсолютно прямолинейное движение игольницы обеспечивается путем правильно подобранной кривизны поверхности щек *4* и передается ей через качающиеся рычаги *1*. Зубчатые сегменты *2* обеспечивают точное положение качающихся рычагов *1* по вертикали, т.е. глубину прокалывания. Такие механизмы устанавливают попарно на передней и задней рамах *5* машины; число пар определяется рабочей шириной машины. Зубчатые сегменты и перекатывающиеся щеки движутся в заполненных смазочным материалом резиновых гофрированных кожухах *3*, исключающих его вытекание.

Система почти не требует ухода, работает практически без износа, не нагревается в процессе работы, исключает загрязнение машины и материала. Особенно эффективна для иглопробивных машин, работающих с большой частотой иглопрокалывания и большой длиной хода игольницы. Игольные доски для иглопробивных машин фирмы Дило изготовлены из алюминия и покрыты слоем полиамида, в котором выполнены пазы типа "ласточкин хвост" для закрепления игл.

Иглопробивные машины всех типов могут работать индивидуально, но, как правило, они входят в состав иглопробивных агрегатов, включающих, кроме того, холстоформирующую машину, устройство для уплотнения холста, устройство для резки и намотки вырабатываемого полотна в рулон. При необходимости в состав агрегата могут быть включены устройства для раскатывания каркаса, а также для химической или термической обработки материала.

2.2.4. КЛЕЕВЫЕ АГРЕГАТЫ

Клеевые агрегаты предназначены для получения нетканых материалов физико-химическими способами путем адгезионного или аутогезионного скрепления волокон (нитей) в холсте. Адгезионное соединение (склеивание) обеспечивается полимерными связующими веществами (латексами, растворами полимеров, порошками, легкоплавкими волокнами и др.). Аутогезионное соединение волокон в местах контактов происходит в условиях, обеспечивающих размягчение поверхности волокон холста (тепловое воздействие, обработка химическими реагентами и т.д.) и их слипание. Основными технологическими процессами физико-химических способов получения нетканых материалов являются: подготовка сырья, холстоформирование, скрепление волокон в холсте.

Нетканые клееные материалы получают способами пропитки, термоскрепления, бумагоделательным, фильерным и др. Во всех способах, кроме бумагоделательного и фильерного, подготовка волокнистого сырья осуществляется традиционно на оборудовании приготовительного цеха. При бумагоделатель-

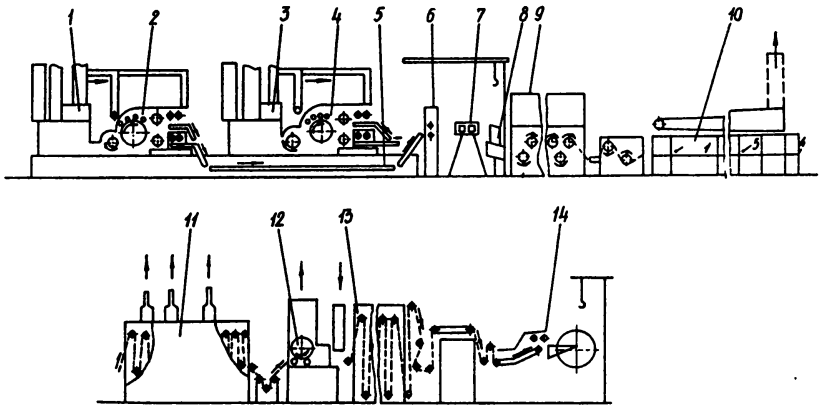


Рис. 2.2.8. Схема поточной линии фирмы Брюкнер для производства клееных нетканых полотен:
1, 3 - вибропитатели; *2, 4* - чесальные машины; *5* - конвейер; *6* - двухвалковый каландр; *7* - пропиточное устройство; *8-10* - сушилки; *11* - конденсационная камера; *12* - охлаждающий барабан с отверстиями; *13* - накопитель полотна; *14* - накатное устройство

ном способе из коротких волокон готовят суспензию, а при фильерном - исходные полимерные гранулы обрабатывают азотом. Поверхностная плотность холстов 20 + 100 и 100 + 2000 г/м^2 соответственно плоских и объемных нетканых материалов. Большое внимание уделяется ровноте холста, так как от этого во многом зависят свойства готового полотна.

Способ пропитки. В клеевых агрегатах при получении плоских нетканых материалов способом пропитки, как правило, используют чесальные машины *2* и *4*, установленные последовательно, агрегированные с вибропитателями *1* и *3* (рис. 2.2.8). Волокнистая смесь подается к камерам с помощью конденсоров. Холсты, полученные с каждой чесальной машины, складываются на общем конвейере *5*, расположенном под чесальными машинами. Суммарная производительность чесальных машин достигает 400 + 500 кг/ч. Степень хаотизации волокон находится в диапазоне 7:1 + 5:1 в результате применения на каждой чесальной машине одного или двух рандомизирующих устройств.

Пропитку холста на клеевых агрегатах осуществляют окунанием или полным погружением в ванну с жидким связующим, в жале валов каландра жидким и вспененным связующим, распылением, печатью. При получении плоских нетканых материалов перспективна пропитка пеной, а объемных - распылением. На линии фирмы Брюкнер пропитку осуществляют вспененным связующим.

Связующее определенного рецептурного состава поступает в готовом виде. Пену получают из дисперсий или растворов полимеров с помощью механических или пневматических устройств. Для приготовления пены с определенными коллоидно-химическими свойствами связующее подается во вспениватель, выполненный в виде закрытого резервуара с фланцами для подачи сжатого воздуха, жидкого связующего и пены (на пенораспределитель). Вспенивающая головка (миксер) снабжена ротором, статором и эксцентриковым шнековым насосом. Производительность вспенивателя 100 + 500 кг/ч.

Для пропитки пеной применяют двухвальное устройство. Один вал стальной гладкий, другой - стальной с гравировкой. Оба вала шлифованы и хромированы, укреплены на подвижной станине и могут вместе перемещаться относительно горизонтали. Прижим валов друг к другу осуществляется с помощью шпинделя вручную или пневматически. Зазор между валами регулируется (0,05 + 0,20 мм). Над зазором жала валов совершает челночное движение распределитель пены. Пена поступает сверху между валами и образует в жале валов "ванну" со вспененным связующим.

Пропитанный холст транспортируется с помощью сетчатого конвейера в камеру ИК-излучения *8*, затем в трехсекционную барабанную *9* и пятисекционную конвективную *10* сушилки для удаления избыточной влаги. Скорость движения полотна через сушилку зависит от его поверхностной плотности и влагосодержания. На стадии сушки происходит процесс пленкообразования из латекса.

Применение вспеиенного связующего позволяет снизить время сушки нетканого материала и уменьшить миграцию дисперсной фазы связующего из внутренних слоев к периферийным, что улучшает структуру полотна и его эксплуатационные свойства. Сушка токами высокой частоты, ИК-излучением, перегретым паром почти полностью исключает миграцию связующего в ходе процесса.

Барабанная сушилка состоит из трех-четырех секций (по три барабана в каждой). Частота вращения барабанов регулируется. Нагрев барабанов проводится насыщенным водяным паром при давлении 1 МПа. Максимальная температура нагрева поверхности барабанов 160 ÷ 170 °С. Для устранения прилипания связующего на поверхность барабана она покрыта тефлоном. В барабанной сушилке эффективна сушка нетканых материалов с поверхностной плотностью до 50 г/м^2. Окончательно влага удаляется из полотна в конвективной пятисекционной сушилке, в которой температура повышается от первой секции (70 ÷ 80 °С) к последней (100 ÷ 130 °С).

В конденсационной камере *11* заканчивается процесс пленкообразования из латекса и осуществляется вулканизация (структурообразование) пленки связующего, в результате которой увеличивается ее когезионная и адгезионная прочность и улучшаются физико-механические свойства нетканого материала.

Через отверстия барабана *12* полотно охлаждается холодным воздухом, который удаляется с помощью отсасывающего вентилятора. Полотно поступает в накопитель *13* вместимостью 120 м. Нижние направляющие ролики накопителя подвижны и могут перемещаться вертикально под влиянием натяжения полотна. Накатное устройство 14 снабжено механизмом для продольной и поперечной резки, а также для центрирования полотна. Одновременно с разрезанием полотна в продольном направлении обрезаются его кромки. Ножи для резки полотна дисковые, прижим их к гладкому направляющему валу осуществляется с помощью пневмосистемы. Накатанное устройство обеспечивает непрерывную работу линии без остановки.

В производстве нетканых материалов из хлопковых волокон в состав линии включают устройство для увлажнения холста паром до пропитки, а для интенсификации процесса сушки полотна устанавливают девятибарабанную и пятисекционную конвективную сушилки.

При пропитке методом печати связующее наносится на поверхность холста с помощью печатных валов или шаблонов. Этот метод пропитки используют преимущественно при изготовлении нетканых материалов сравнительно небольшой поверхностной плотности (20 ÷ 40 г/м^2); полотно выпускают со скоростью 50 м/мин и более. Известно несколько устройств для пропитки методом печати: печатные валы с выступающей или углубленной гравюрой, шаблоны, плюсовки с гравированными валами.

Для получения объемных нетканых материалов используют поточные линии (рис. 2.2.9). В поточной линии фирмы Асселен подготовленные волокна с помощью конденсеров по пневмопроводу подаются в питатели *1* и *3* чесальных машин *2* и *4*. Прочес шириной 2,5 м с каждой из чесальных машин поступает на преобразователь прочеса рапид и формируется в холст шириной 3,6 м. На цилиндрической иглопробивной машине *7* фирмы Асселен холст скрепляется путем иглопрокалывания.

В камерах *9* и *11*, расположенных на входе и выходе из двухъярусной конвективной

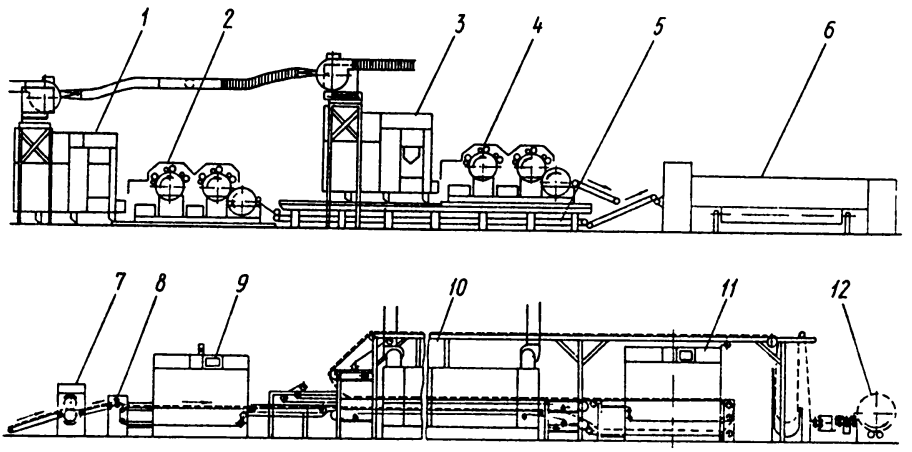


Рис. 2.2.9. Схема поточной линии фирмы Асселен для производства клееных объемных полотен:
1, 3 - питатели фирмы Лярош; *2, 4* - чесальные машины типа 13РЗ фирмы Тибо; *5* - сборный конвейер; *6* - ленточный преобразователь прочеса "Рапид" типа 330-М фирмы Асселен; *7* - иглопробивная машина для предварительного скрепления холста; *8* - устройство для обрезки кромок холста; *9, 11* - камеры для пропитки холста фирмы Эр Индустри; *10* - двухъярусная конвективная сушильная машина фирмы Асселен; *12* - устройство для резки и намотывания полотна

сушильной машины *10*, холст пропитывается связующим способом распыления. В каждой камере имеется по четыре форсунки с отверстиями диаметром 0,7 мм, установленные на каретках, совершающих возвратно-поступательное движение поперек холста. Расстояние от форсунок до холста можно регулировать по высоте. Регулируется также скорость перемещения кареток. Для очистки ленты конвейера от связующего используется круглая щетка, помещенная в ванну с водой.

Двухъярусная конвективная сушильная машина *10* имеет четыре секции для сушки и одну для охлаждения полотна и удаления из него газов. Нагрев воздуха осуществляется с помощью калориферов, использующих насыщенный пар давлением $(9 \div 10)10^5$ Па. Горячий воздух от калориферов центробежными вентиляторами через сопла подается через сетчатый конвейер к полотну по направлению от верхнего яруса к нижнему и возвращается в калориферы. В последней секции сушильной машины для нагрева воздуха используют электрокалориферы, благодаря чему температура воздуха достигает 170 ÷ 180 °С. После сушки полотно поступает на однопозиционное устройство *12* для резки и наматывания, которое снабжено механизмами продольной и поперечной резки полотна с дисковыми ножами.

Техническая характеристика линий для получения нетканых материалов способом пропитки приведена в табл. 2.2.2.

Способом пропитки изготовляют нетканые клееные материалы бытового и технического назначения. Такие материалы можно использовать в качестве фильтровальных, прокладочных, электроизоляционных, основ под полимерные покрытия и др.

Способ термоскрепления. Этот способ имеет три модификации: горячего прессования, сварки и аутогезионный. Волокнистый холст формируется из химических термопластичных волокон или из смеси с натуральными волокнами; можно использовать волокнистые отходы и восстановленные волокна. Холсты формируют механическим, аэродинамическим, фильерным способами, а также их комбинацией. В качестве связующего применяют термопластичные полимеры с низкой температурой текучести (130 ÷ 180 °С) в виде легкоплавких, гетерогенных, бикомпонентных волокон и термопластичных порошков. При определенном давлении и времени контакта между волокнами образуются адгезионные (аутогезионные) склейки или сварные швы. Легкоплавкие волокна смешивают с базовыми в соотношении 30 : 70, после чего они проходят все стадии подготовки и холстоформирования.

Порошкообразные связующие наносятся на волокнистый холст или прочес при формировании холста с помощью специальных устройств (дозаторов роторного типа, распылителей и др.). Иногда готовый холст пропитывают

2.2.2. Техническая характеристика линий для получения нетканых материалов способом пропитки

Параметры	Линия фирмы	
	Брюкнер	Асселен
Ширина, мм:		
рабочая	2000	3600
готового полотна	1800	1550
барабанов сушилки	2200	-
Поверхностная плотность готового полотна, г/м^2	30÷120	20÷500
Скорость выпуска, м/мин	8÷80	5÷10
Регулирование скорости выпуска полотна	Бесступенчатое	
Напряжение силовых полей, В	220/380	220/380
Общая установочная мощность электродвигателей, кВт	385	205
Давление, Па:		
сжатого воздуха	$7 \cdot 10^6$	$(4...6) \times 10^6$
пара	До $10 \cdot 10^5$	$(9...10) \times 10^5$
Масса оборудования, т	-	127
Габаритные размеры, мм:		
длина	72 000	42 000
ширина	6500	36 000
высота	6000	4000
КПВ (коэффициент полезного времени)	0,8	0,7

мономерами, а затем проводят процесс полимеризации связующего в холсте. Образовавшийся гомополимер используется для скрепления волокон при последующей термообработке холста. При аутогезионном скреплении связующее в холст не вводят, а волокна холста обрабатывают реагентами набухания (этиленгликоль, резорцин и др.), вызывающими появление липкого слоя на поверхности волокон, у которого более низкая температура плавления, чем у ядра волокон. Этот слой выполняет функцию связующего при дальнейшем прессовании.

Термообработка волокнистых холстов может осуществляться под давлением (в жале валов каландра или между барабаном и конвейерной лентой), горячим воздухом без давления (в барабанных или конвейерных сушильных установках), под действием инфракрасного излучения, ультразвука, токов высокой частоты и др. В отдельных случаях могут применяться комбинации этих способов.

Выбор способа термоскрепления проводят с учетом конкретных условий производства, поверхностной плотности обрабатываемого холста и требований, предъявляемых к готовому материалу. В частности, каландры используются при изготовлении нетканых материалов средней и низкой поверхностной плотности (12 ÷ 150 г/м^2), а продувка холстов горячим воздухом - при изготовлении объемных нетканых материалов с поверхностной плотностью 80 ÷ 2000 г/м^2.

По конструктивным признакам каландры, используемые в производстве нетканых материалов, делят на три группы: валичные с гладкими валами, валичные с гравированными валами, барабанные. Барабанные и валичные каландры с гладкими валами служат для изготовления нетканых материалов с гладкой поверхностью, а каландры с гравированными валами - в производстве полотен с рельефным рисунком. Валичные каландры, используемые для скрепления волокнистых холстов, имеют от двух до пяти валов: один или два вала (в многовальных каландрах) изготовляют из стали или другого материала повышенной твердости с гладкой поверхностью; остальные валы снабжены эластичным покрытием из хлопка, специальной бумаги и др. Все большее распространение находят каландры с двумя или тремя нагреваемыми металлическими валами.

Валичные каландры с гравированными валами служат для локального скрепления волокнистых холстов с образованием на их поверхности рельефного рисунка, соответствующего гравировке вала. Основными требованиями, предъявляемыми к современным каландрам, являются: минимальное радиальное биение валов; высокая точность установки и поддержания требуемой температуры обработки; высокая равномерность давления в жале валов по ширине машины. Выполнение этих требований обеспечивается применением специальных систем обогрева валов, регулирования температуры и компенсации прогиба валов, возникающего под действием давлений прижима. Принципы действия этих систем различны.

Фирма Рамиш Клайневеферс выпускает каландр Thermo-hydrein, главной особенностью которого является новый способ компенсации прогиба валов (рис. 2.2.10). Давление на высокоэластичную рубашку *1* вала передается с помощью масла, которое одновременно является и теплоносителем. Масло, нагретое в теплообменнике, подается насосом в продольные каналы *3* сердечника *2*, а из них через дроссельные отверстия *5* в полости *6* в верхней части опорных элементов *4*, откуда стекает через зазор между рубашкой вала и опорными элементами. При этом создается масляная пленка, разделяющая вращающуюся рубашку

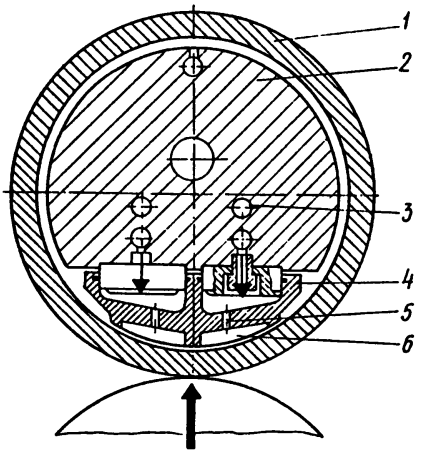


Рис. 2.2.10. Каландр с валом Thermo-hydrein

вала и опорные элементы *4*. С помощью системы подачи и регулировки давления масла компенсируется прогиб валов каландра на всех режимах работы.

Валы для каландров Thermo-hydrein имеют один контур движения масла, обеспечивающий одинаковое давление на всех опорных элементах и по всей длине вала, или несколько раздельных контуров с различным давлением в группах опорных элементов (например, максимальное давление в средней части вала и меньшее по краям). Благодаря большой скорости движения нагретого масла и малой толщине рубашки обеспечивается высокая точность поддержания температуры по всей поверхности вала (колебания температуры не превышают ±0,5 °С) при максимальном значении 240 °С.

Следует отметить особенность стального жесткого вала, работающего в контакте с валом Thermo-hydrein, - просверленные под оболочкой по периферии отверстия, что способствует установке одинаковой температуры на поверхности обоих валов.

Гидрокомпенсацией прогиба обладает также вал Nipco, используемый в каландрах фирмы Рамиш Клайневеферс (рис. 2.2.11). Высокоэластичная раколановая рубашка *1*

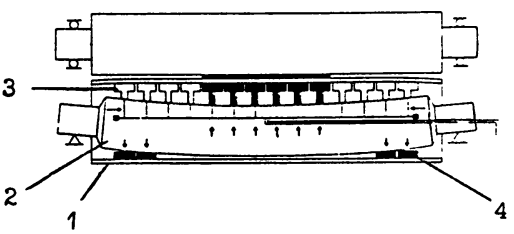


Рис. 2.2.11. Схема каландра с валом Nipco

воспринимает деформации, обусловленные взаимодействием вала с валом Nipco. Давление в жале валов создается с помощью масла, нагнетаемого в верхние "карманы" опорных элементов *3*, приподнимающего раколановую рубашку *1* и стекающего через края "карманов" в зазор, образующийся между рубашкой *1* и сердечником *2*. Конструкция вала позволяет бесступенчато регулировать давление в жале валов. Благодаря возможности отключения подачи масла в отдельные опорные элементы и снятия давления в соответствующих местах вала можно настраивать каландр на обработку материалов различной ширины, создавая давление только на тех участках вала, по которым проходит обрабатываемый материал.

Дополнительные гидростатические опорные элементы *4* с обеих сторон сердечника *2* служат для быстрой разгрузки вала и отвода раколановой рубашки от взаимодействующего с ней нагретого стального вала, предупреждая тем самым повреждение синтетической рубашки, чувствительной к высоким температурам. Кроме устройства быстрой разгрузки каландр оснащен автоматическим устройством опускания вала Nipco. Вал Nipco может быть отведен от стального вала на 120 мм с помощью как электропривода, так и пневмодвигателя.

Каландр с валом Hot-S-Roll-250 фирмы Кюстер имеет вращающуюся тонкостенную оболочку *1* и неподвижный сердечник *2* (рис. 2.2.12). В верхнюю часть сердечника под давлением нагнетается нагретое масло, которое, выходя через имеющиеся в сердечнике отверстия *3*, заполняет пространство между верхней половиной оболочки *1* и сердечником *2* вала, создавая необходимое давление в жале вала. Отработанное масло выходит через выпускные отверстия *4*. Нижняя половина вала обогревается маслом аналогично при его движении в противоположном направлении. Верхний и нижний контуры движения масла разделены уплотнениями *5*. Давление масла в системе до 0,7 МПа. Максимальные колебания температуры поверхности вала не превышают ±1 °С. Подшипники, в которых установлена вращающаяся оболочка вала, изолированы от нагреваемой части и снабжены индивидуальной смазочной системой.

Регулируемый нагрев вала (с точностью до ±1 °С) осуществляется с помощью жидких органических теплоносителей, которые подводятся от насосных установок, работающих в автоматическом режиме.

Каландры для термоскрепления рассчитаны на работу с максимальной скоростью 50 ÷ 150 м/мин (возможно до 200 м/мин). Ширина каландра 10 м и более, расстояние между валами изменяется и поддерживается постоянным с помощью специальной гидравлической системы управления. Необходимое давление в жале валов (150 ÷ 600 кН) обеспечивается специальной системой, оснащенной электронными контролирующими устройствами.

Термоскрепление волокнистых холстов возможно и на барабанных каландрах, основным рабочим органом которых является обогреваемый барабан диаметром 1800 мм, покрытый тефлоном. Обрабатываемый материал прижимается к барабану лентой, изготовленной из термостойких волокон. Иногда материал транспортируется вокруг барабана в зажатом состоянии между двумя лентами.

Барабанный каландр позволяет обрабатывать волокнистый холст с поверхностной плотностью от 6 г/м^2 и выше, со скоростью до 200 м/мин. Температура обработки может варьироваться в пределах 150 ÷ 260 °С с точностью ±1 °С. Барабанный каландр отличается от валичного большей производительностью обработки и меньшим давлением, оказываемым на скрепляемый холст. Давление прижимной ленты не превышает 15 кПа, а линейная нагрузка прижимного ролика не более 50 Н/мм. Прижимная лента позволяет контролировать усадку материала в процессе термообработки.

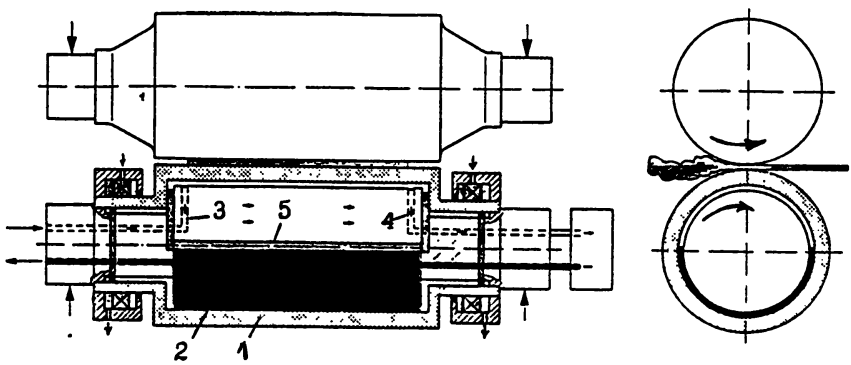


Рис. 2.2.12. Схема каландра с валом Hot-S-Roll-250

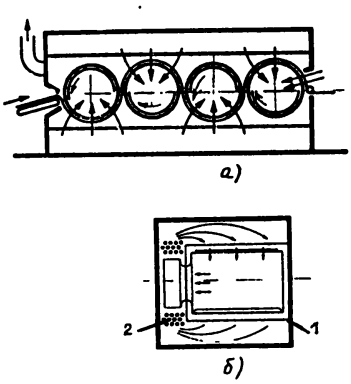


Рис. 2.2.13. Схемы барабанной сушильной установки: *а* - установки; *б* - циркуляции воздуха в сушильной установке

Конвективный способ термоскрепления волокнистых холстов реализуется с использованием барабанных и конвейерных сушильных установок. Барабанная сушильная машина представляет собой непосредственную комбинацию сетчатых барабанов с мощными радиальными вентиляторами (рис. 2.2.13). Вентиляторы отсасывают воздух из внутренней части барабанов *1* (рис. 2.2.13) и нагнетают его через нагревательные элементы *2* в пространстве у наружной поверхности барабанов. Тем самым создается принудительное движение нагретого воздуха через сетчатую поверхность барабанов и находящегося на ней материала. На сушильных установках большой рабочей ширины отвод воздуха осуществляется с обеих сторон барабана, продуваемый воздухом волокнистый холст прочно удерживается на поверхности. Такой способ обработки предупреждает возникновение напряжений в холсте и образование неровностей на его поверхности.

Величина усадки входящих в состав холста усадочных волокон может ограничиваться и изменяться соответствующим прижимом холста к поверхностям барабанов и бесступенчатым регулированием соотношения скоростей последовательно установленных барабанов. Сила прижима холста к барабанам изменяется с помощью бесступенчато регулируемого привода вентиляторов. Усадка холста в поперечном направлении возможна при соответствующих температурах обработки в зонах его перехода с одного барабана на другой.

Существуют специализированные агрегаты для производства нетканых материалов.

На рис. 2.2.14 представлена схема линии для производства нетканых материалов гигиенического назначения фирмы Хергет-Кюстер (Германия). Подготовка волокнистой смеси из базовых (вискозных) и легкоплавких (полипропиленовых) волокон осуществляется по сокращенной технологической схеме. Волокна загружают в питатели-смесители раздельно, при этом их обрызгивают раствором антистатика (алкамон ДС-М). Смесь, подготовленная для каждой чесальной машины *2* и *4*, всасывается с помощью подвижного конденсора и равномерно укладывается в приемные камеры вибропитателей *1* и *3*. С помощью самовеса, размещенного на дне камеры, регулируется подача смеси в камеру вибропитателя, предназначенного для двух чесальных машин, работающих на общий конвейер *5*. По промежуточному конвейеру *6* холст поступает для скрепления на каландр *7*, снабженный верхним металлическим нагреваемым валом, нижним наборным валом и плавающим металлическим валам с регулируемым прогибом.

Холст с поверхностной плотностью 16 ÷ 20 г/м^2 пропускается между металлическим валом, нагретым до температуры 160 ÷ 170 °С и наборным валом. После скрепления нетканое полотно поступает на два охлаждающих металлических вала, в которых циркулирует холодная вода, а затем через компенсатор *8* на накатное устройство *9*.

Техническая характеристика агрегата фирмы Хергет-Кюстерс приведена ниже.

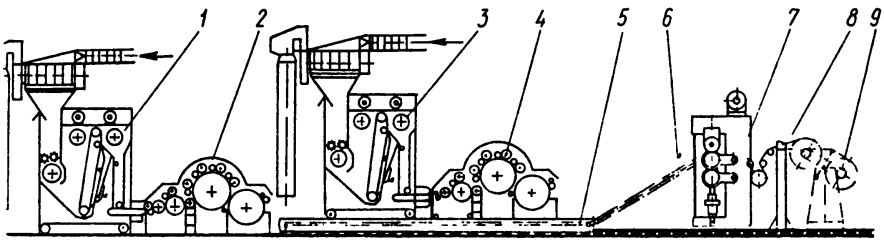


Рис. 2.2.14. Схема линии для производства нетканых полотен способом термоскрепления волокнистого холста фирмы Хергет-Кюстерс (Германия)

Рабочая ширина, мм	2200
Ширина готового полотна, мм	2000
Скорость выпуска полотна при поверхностной плотности 18 ± 2 г/м^2, м/мин	40
Регулирование скорости	Бесступенчатое от электродвигателей постоянного тока
Напряжение, В:	
силовых цепей	380
переменного тока в цепях управления	220
постоянного тока для питания электропривода	440
Частота, Гц	50
Мощность, кВт:	
установленная электродвигателей	75
электродвигателей каландра	34,5
Напор воды для подачи в охлаждающие цилиндры, Па	$4 \cdot 10^5$
Давление сжатого воздуха, Па	$5 \cdot 10^5$
Габаритные размеры агрегата, мм:	
длина	41 200
ширина	8300
высота	5200
Тип накатного устройства	620-05, двухтамбурное поворотное

Бумагоделательный способ. Он основан на формировании гидродинамическим методом холста из суспензии волокон. Для производства нетканых полотен применяют плоско- и круглосеточные бумагоделательные машины (при длине волокон до 12 мм) и модернизированные машины с наклонной сеткой (при длине волокон до 40 мм и более). Применение волокон повышенной длины позволяет получать полотна с хорошими текстильными свойствами.

Химические волокна режут на определенную длину из жгутовых нитей, отмывают от замасливателя и подвергают гидрофилизации. Для предупреждения флокуляции длинных химических волокон в суспензии используется целый ряд специальных приемов (введение ПАВ, загустителей, разбавление и др.). Для устранения флокуляции волокон в процессе транспортирования и напуска суспензии на сетку машины необходимо поддерживать высокотурбулентный режим.

Для скрепления волокон в холсте используют латексы, растворы полимеров, суспензии легкоплавких, гетерогенных волокон, фибриды. Суспензия волокон после гидроразбивателя смешивается со связующим в бассейне с разбавлением суспензии до концентрации 0,2÷1 %. Из смесительного бассейна масса подается плунжерным насосом в распределительное устройство для разбавления оборотной водой до концентрации 0,025÷0,005 %, а затем в напорный ящик формирующей части бумагоделательной машины. На рис. 2.2.15 представлена принципиальная схема бумагоделательной машины типа новоформер фирмы Брудерхаус. Из напускного устройства *1* суспензия поступает на наклонную сетку *2* бумагоделательной машины, угол которой может изменяться (15 ÷ 45°) в зависимости от скорости машины, вида используемых волокон и т.д. Конструкция формующего устройства позволяет размещать под наклонной сеткой необходимое количество обезвоживающих и

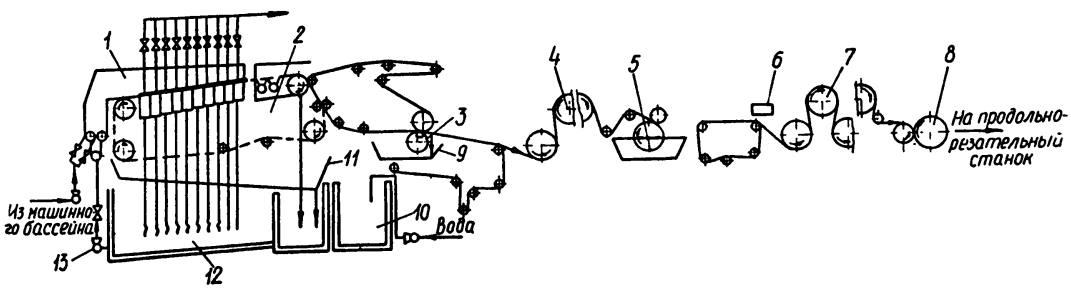


Рис. 2.2.15. Схема бумагоделательной машины фирмы Брудерхаус с напускным устройством типа новоформер:
1 - напускное устройство; *2* - наклонная сетка; *3* - пресс; *4* - первая секция сушильных цилиндров; *5* - ванна; *6* - инфракрасная сушилка; *7* - вторая секция сушильных цилиндров; *8* - накатывающее устройство; *9* - ванна для сбора воды; *10* - бассейн с гауч-мешалкой (для мокрого брика, поступающего из машины); *11* - сборник подсеточной воды; *12* - сборник оборотных вод; 13 - насос, подающий воду в напускное устройство для разбавления волокнистой массы

отсасывающих ящиков. Благодаря этому формирование полотна осуществляется на сравнительно коротком участке сеточного стола при отсутствии контакта суспензии с воздухом. Создание оптимальных условий отлива полотна достигается регулированием скорости обезвоживания по длине зоны формования. Зона фильтрации формующего устройства с наклонной сеткой является составной частью напорного ящика, в то время как зона фильтрации формующего устройства с плоской сеткой находится вне его.

Сформированное полотно выходит вместе с сеткой из суспензии, проходит над отсасывающими ящиками (его влажность достигает 30 ÷ 40 %), снимается с сетки с помощью специального пересасывающего устройства. Для получения многослойного материала на машинах используют многосекционные напорные ящики. Промежуточное обезвоживание осуществляется с помощью гауч-вала, окончательное - с помощью пресса *3* (при давлении не менее 1 МПа). Из общего количества воды, удаляемой из полотна, на сеточную часть приходится 94 ÷ 96 %, на прессовую 3 ÷ 4 %. Дальнейшее обезвоживание полотна осуществляется в сушильной части машины горячим воздухом на сетчатых барабанах при температуре 35 ÷ 80 °С. Если связующее выносится в готовый холст, то после подсушки полотна в сушилке *4*. оно пропитывается связующим в ванне *5*, проходит инфракрасную сушку *6* и вторую секцию сушильных цилиндров *7*, затем охлаждается на охлаждаемых водой цилиндрах до температуры 50 ÷ 55 °С и накатывается в рулон с помощью устройства тамбурного типа диаметром 600 ÷ 2500 мм.

Бумагоделательным способом можно получить полотна с поверхностной плотностью 12 ÷ 2000 г/м^2. Скорость выпуска достигает 30 ÷ 400 м/мин, ширина полотен до 4 ÷ 5 м. Производительность машины в сутки 7 т. По этой технологии производятся детские пеленки, постельное белье, материалы санитарного, бытового и технического назначения.

Техническая характеристика бумагоделательной машины фирмы Брудерхаус приведена ниже.

Ширина, мм:	
рабочая	2100
выпускаемого нетканого полотна	2000
Скорость выпуска, м/мин	5 ÷ 150; 10 ÷ 250
Регулирование скорости	Бесступенчатое
Напряжение силовых цепей, В	380
Установленная мощность электродвигателей по основным группам машин, кВт:	
сеточная часть	64
прессовая часть	58
первая сушильная группа	20
вторая сушильная группа	20
привод наката	20
общая	182
Давление пара, подаваемого в сушильные цилиндры, Па	$6 \cdot 10^5$
Расход холодной воды, м^3/ч	До 33
Производительность машины в сутки, т	7
Производительность эксцентрикового насоса подачи массы в напорный ящик, см^3/мин	250÷2160
Напор, создаваемый эксцентриковым насосом подачи массы, кПа	1,50

Фильерный способ. Этим способом нетканые материалы получают из расплава или раствора полимера путем экструдирования нитей или волокон, укладкой их в холст на приемном устройстве и последующем скреплении в холсте. Основными специфическими процессами являются: формование и вытягивание нитей, сопровождающиеся ориентацией и кристаллизацией нитей; взаимодействие нитей с потоком газа в аэродинамическом вытягивающем устройстве; распределение нитей на приемном устройстве в холст и его скрепление.

Все многообразие способов и устройств, относящихся к фильерному способу производства нетканых материалов, можно условно разделить по взаимному расположению узлов (формовочных, раскладочных и приемных) на четыре основные группы, позволяющие получать плоские, круглые (рукавные) и объемные (трехмерные) нетканые структуры. Первая группа включает устройства, осуществляющие раскладку нитей сразу на всю ширину приемного органа в ряд вдоль направления его движения одно за другим или в несколько параллельных рядов, каждый из которых образует холст в виде полосы с общей шириной, кратной числу рядов.

Вторая группа включает устройства, осуществляющие раскладку на часть ширины холста и располагаемые поперек его движения или под углом. Полосы холста, формируемые соседними устройствами, перекрывают друг друга. Третья группа обеспечивает получение рукавных нетканых материалов и многослойных рукавных холстов и включает устройства, формирующие холст на цилиндрическом приемном устройстве. Полученные холсты при необходимости разрезаются по образующей и поступают на намотку либо наматываются в

рулон в неразрезанном виде. К четвертой группе относятся устройства, формирующие пространственные (объемные) структуры. Их принцип действия основан на согласованном движении объемного приемного устройства и струи свежесформированной нити.

Холстоформирование материала из пучков бесконечных нитей осуществляется на приемном устройстве (приемные конвейеры, барабаны, шаблоны и др.) с помощью отдельного раскладывающегося устройства. Большая часть устройств для раскладки нитей аэродинамических, причем как со свободными струями, так и со струями, взаимодействующими с элементами раскладывающих устройств. Разделение нитей осуществляется за счет использования электростатических зарядов, возникающих самопроизвольно при взаимодействии нитей со струями, и специально наносимых на них.

Узлы со свободным истечением струи имеют меньший уровень шума по сравнению с отражательными элементами. Достоинством последних является возможность влиять на взаимное расположение нитей в холсте (с учетом скоростей нитей и холста), а следовательно, формировать различную структуру холста. В устройствах со свободным истечением струи холст формируется преимущественно из хаотически расположенных нитей, либо из нитей, ориентированных в одном направлении.

Скрепление нитей в холсте происходит вследствие аутогезионного взаимодействия при контакте, если нити не потеряли липкость, в противном случае их скрепляют иглопрокалыванием, пропиткой связующими, термопрессованием, перепутыванием струями воды или газа, а также комбинацией различных способов. При иглопрокалывании холста необходимо введение замасливателя на одной из стадий получения материала. Иглопрокалывание осуществляется на обычном оборудовании. Широко известны машины фирмы Ферер, Хантер (США), Асселен, Ниссо (Япония) и др.

Термическое скрепление осуществляется на каландрах. Перспективно применение бикомпонентных нитей, а также формирование холста из смеси нитей легко- и тугоплавких полимеров либо рекомендуется применять обработку холста перед термоскреплением различными реагентами, вызывающими набухание или пластификацию поверхности нитей со снижением температуры плавления. Скрепление нитей в холсте связующими (дисперсии полимеров либо порошки) выполняют на линиях фирм Брюкнер, Флянер и др. Целесообразно применение профилированных нитей и подбор связующего, обеспечивающего высокую адгезию к волокнам. Параметры скрепления зависят от природы полимера нитей, их линейной плотности, поверхностной плотности холста и практически ничем не

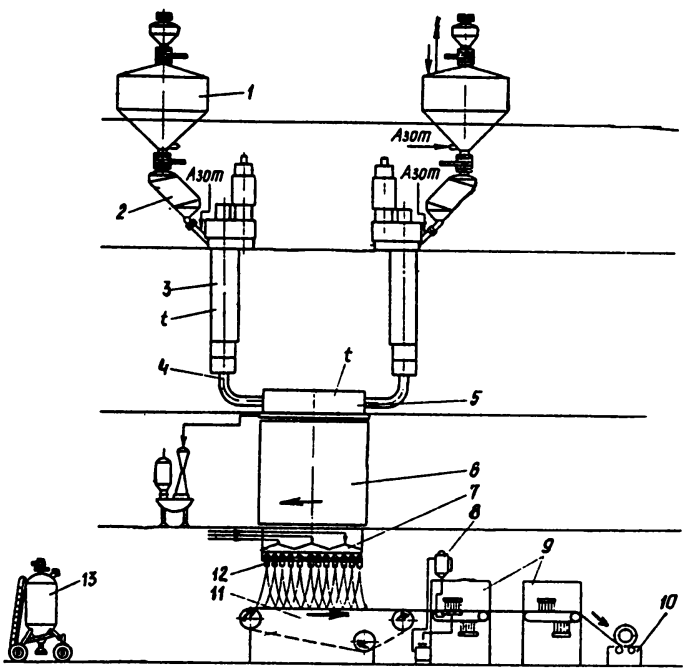


Рис. 2.2.16. Схема агрегата АПО-1-1500 для производства нетканых полотен фильерным способом

отличаются от параметров скрепления химических волокон при получении нетканых материалов традиционными способами.

В качестве волокнообразующих полимеров наиболее широкое применение нашли грануляты поликапроамида, полипропилена, полиэфира. Нетканые материалы применяются в качестве основ синтетических кож, фильтровальных, геотекстильных и других материалов.

На рис. 2.2.16 приведена схема агрегата АПО-1-1500, а в табл. 2.2.3 - техническая характеристика отечественных линий для производства нетканых материалов фильерным способом. Гранулированный полимер из передвижного бункера *13* пневмоконвейером подается в загрузочный бункер *1*, в котором гранулы продувают азотом для удаления из системы воздуха. Через промежуточный бункер *2* гранулы поступают в шнековый экструдер *3*, в котором расплав гомогенизируется и выдавливается из головки. Температура нагрева гранул и расплава регулируется. Расплав по трубопроводам *4*, *5* поступает в камеру *6* и распределяется по шестнадцати фильерным комплектам. В эжекторах *7* происходит вытягивание нитей и холстоформирование с помощью раскладчиков *12*. Приемное устройство *11* включает ленту конвейера с системой для отсасывания воздуха.

Сформированный холст передается конвейером в иглопробивные машины *9*, оборудованные устройством *8* для нанесения замасливателя. Нетканое полотно поступает на намоточное устройство *10*.

2.2.3. Техническая характеристика отечественных линий для производства нетканых материалов фильерным способом

Параметры	АПО-1-1500	ЛПП-2400	ЛППТ-1800
Производительность, кг/ч	До 50	180	70
Ширина материала, мм	1500	2400	1800
Поверхностная плотность, г/м^2	500 ÷ 600	200 ÷ 1000	30 ÷ 200
Кинематическая скорость конвейера, м/мин	1,8 ÷ 9,0	1,2 ÷ 6,0	2,33 ÷ 17
Тип экструдера	ЭЧ-63	ЭЧ-125	ЭЧ-63
Число	2	-	-
Тип дозировочного насоса	31НШ-10×2К	31НШ-10×2К	31НШ-10×2К
Число насосов	8	12	12
Число фильер	16	12	12
Расход сжатого воздуха, м^3/ч	До 600	900	900
Установленная мощность, кВт:			
приводов	-	182	100
нагревателей	-	132	150
Скрепляющее устройство	Иглопробивная машина ИМ-1800МА (две)	Иглопробивная машина ИМ-2500 (две)	Каландр специальный (один)

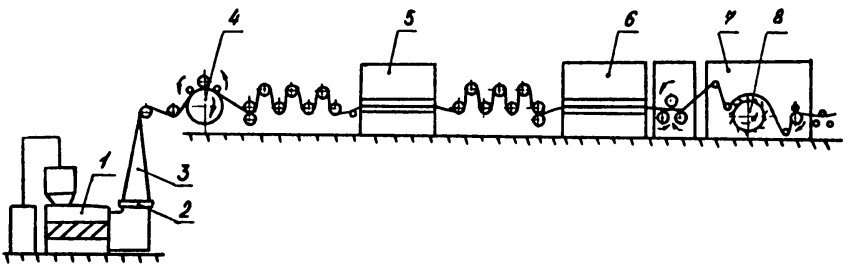


Рис. 2.2.17. Схема поточной линии для фибриллирования пленки фирмы Райфенхойзер (Германия)

Экструзия пленки из высокополимеров с последующим ее расщеплением. Этот способ получения нетканых материалов является близким к фильерному способу.

Нетканый материал из пленки получают по схеме: экструзия пленки, нагрев и вытягивание, термофиксация, фибриллирование пленки, резка жгута, чесание волокон, холстоформирование, скрепление волокон в холсте.

Поточная линия для фибриллирования пленки приведена на рис. 2.2.17. Пленочная заготовка выходит из экструдера *1* в виде рукава и охлаждается воздушным потоком, выходящим из фильеры *2*. Охлажденный рукав *3* складывается в плоское двойное полотно, которое со скоростью 15 ÷ 20 м/мин проходит устройство *4* для обрезки кромок, камеры *5* продольной ориентации и *6* термофиксации и поступает в фибриллятор *7*. С помощью игольчатого валика *8* пленка надсекается, приобретая сетчатую структуру. Число игл на 10 см от 10 до 15, высота иглы 2 мм. Максимальная длина соприкосновения иглы с пленкой 150 мм. Окружная скорость валика в 2 - 3 раза больше скорости пленки.

Расщепленная пленка разрезается на волокна. В дальнейшем их перерабатывают на поточных линиях на основе установки АИК-1800-2, в состав которой входят агрегаты АИО-181 и АИН-182, вырабатывающие нижний и верхний слои напольных покрытий.

2.2.5. МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАЛЯЛЬНО-ВОЙЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

К валяльно-войлочным материалам относятся: валяная обувь, фетровые шерстяные и пуховые головные уборы, войлочные полировальные круги, войлок и технические изделия из него. На первых этапах производства этого материала (до кардочесания включительно) используется, как правило, традиционное шерстоперерабатывающее оборудование. Процессы формирования волокнистых полуфабрикатов, свойлачивания, пропитки кисловочными растворами, валки, крашения, формования, сушки, сухой отделки реализуются с использованием специализированных машин и устройств.

Формирование волокнистых полуфабрикатов. Волокнистые холсты с продольной ориентацией волокон изготовляют на одинарных или двойных холстоформирующих барабанах, а также на горизонтальных холстоформирующих рамах. Одинарный холстоформирующий барабан - стальной вал с насаженными на него двумя или тремя деревянными крестовинами, обшитыми фанерой, которая служит рабочей поверхностью барабана. Для повышения коэффициента трения между волокнами и барабаном последний обшивают по окружности полосками мешковины или войлока. Волокнистые холсты заданной поверхностной плотности получают вращением барабана на несколько оборотов, послойно навивая на его поверхность прочес, поступающий со съемного барабана чесальной машины. После окончания навивки волокнистого холста его обрывают и наматывают на скалку. Длина получаемого холста зависит от диаметра барабана и составляет обычно 2 ÷ 3,5 м (при диаметре барабана 0,95 ÷ 1,1 м).

Для получения холстов большой длины (8 ÷ 10 м) применяют сдвоенные холстоформирующие барабаны (рис. 2.2.18). Два барабана, аналогичные описанному выше одинарному холстоформирующему барабану, соединены конвейерной лентой (полотном) *4* и установлены на металлической раме *5*. Нижняя ветвь конвейерного полотна *4*, огибающего барабаны *3* и *6*, соприкасается с лентой нижнего конвейера *9*, который приводится в движение от съемного барабана *1* чесальной машины через зубчатую и цепную передачи *2*. Барабаны вместе с конвейерным полотном *4* приводятся в движение от нижнего конвейера под действием сил трения. Провисание верхней ветви нижнего конвейера предотвращается благодаря установке поддерживающих валиков *8*. Ведомый вал *7* нижнего конвейера является натяжным. Все холстоформирующее устройство монтируется на раме, которая установлена на ролики и может перемещаться по рельсам. Двойные холстоформирующие барабаны требуют значительных производственных площадей. Например, длина холстоформирующего устройства, предназначенного для получения холста длиной 10 м при диаметре барабанов 1200 мм, достигает 6 м.

Для получения холстов длиной до 60 м обычно применяют горизонтальные холстоформирующие рамы, подразделяемые по числу этажей. Процесс формирования холста на горизонтальной холстоформирующей раме осуществляется следующим образом (рис. 2.2.19). Прочес со съемного барабана *1* чесальной машины передающим конвейером *2* направляется в зону между нижним поддерживающим конвейером *9* и нижней ветвью рабочего конвейера *5*. Рабочий конвейер вместе с прочесом огибает валик *8*, подходит к валику *4*, огибает его и проходит таким образом все этажи рамы. Внутри сгибов ленты конвейера

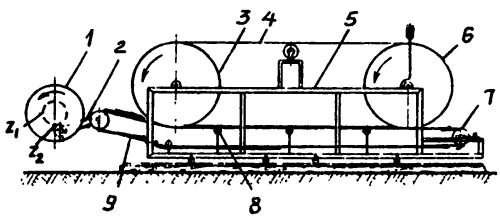


Рис. 2.2.18. Схема сдвоенного холстоформирующего барабана

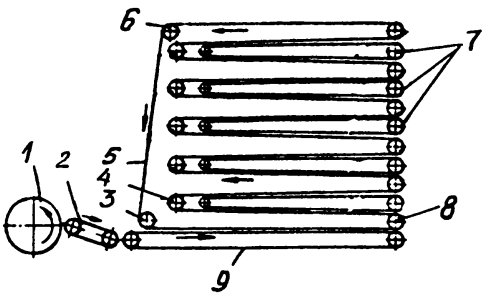


Рис. 2.2.19. Схема холстоформирующей горизонтальной рамы

установлены поддерживающие конвейеры *7*, препятствующие свисанию холста с рабочего конвейера. Пройдя верхний этаж, лента, огибая валик *6*, подводит прочес снова к передающему конвейеру *2*, где на него накладывается второй слой прочеса. Таким образом обеспечивается необходимое число сложений прочеса на рабочем конвейере. После намотки заданного числа слоев сформированный холст отсекается закрепленной на валике *3* гребенкой, а при выходе отсеченного края холста из-под валика *8* он заправляется на скалку, установленную на скатывающих валиках, и выводится из машины. Скорость намотки холста на скалку постоянна и несколько превышает скорость рабочего конвейера, что обеспечивает достаточно плотную намотку холста.

Ленту конвейера обычно изготовляют из технического сукна со вшитыми в него через каждые 5 ÷ 6 м деревянными планками, препятствующими образованию складок и морщин. Передающий конвейер *2* может поворачиваться вокруг вала и прислоняться к холстоформирующей раме. Это позволяет чистить и точить рабочие органы чесальной машины, не отодвигая громоздкое холстообразующее устройство.

Длина получаемого на горизонтальной холстообразующей раме холста зависит от числа ее этажей. Шестиэтажная рама дает холсты длиной 60 м (длина рамы 6,6 м, ширина 3 м, высота 3,4 м).

Формирование волокнистых полуфабрикатов войлочных полировальных кругов для обработки металла осуществляется на установках МЗК пневматического действия (рис. 2.2.20). Прочес, сходящий со съемного барабана чесальной машины *1*, вентилятором *3* через диффузор *2* и трубу *4* подается в циклон *6*, состоящий из наружного кожуха и внутренней воздушной трубы *5*. Наружный кожух имеет верхнюю цилиндрическую, среднюю коническую и нижнюю цилиндрическую *7* части. Пространство между верхней частью наружного кожуха и внутренней трубой *5* герметично перекрыто перегородкой. Нижняя плоскость трубы *5* совпадает с нижней плоскостью верхней цилиндрической части *6* кожуха. Волокнистый материал, поступающий вместе с воздухом, получает винтовое движение в пространстве между верхней частью *6* кожуха и трубой *5*. Воздух направляется внутрь этой трубы и выходит вверх, а волокна падают через коническую часть кожуха в нижнюю трубу *7* и оттуда в формовочный цилиндр *8*. Центр трубы *7* смещен относительно центра формовочного цилиндра на 50 ÷ 100 мм, а сам цилиндр во время загрузки получает вращательное движение от диска *9*. Благодаря этому волокна равномерно заполняют объем цилиндра до заданной высоты.

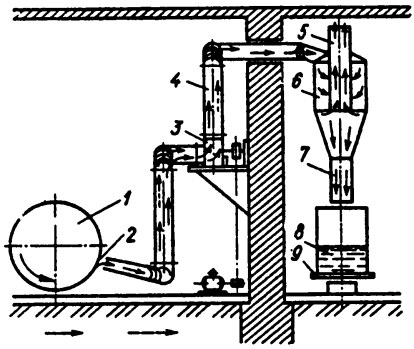


Рис. 2.2.20. Схема установки МЗК для закладки основы войлочных кругов

Каждая чесальная машина соединена с двумя циклонами, подача волокнистого материала в которые регулируется с помощью дросселя. Во время заполнения одного из цилиндров из второго цилиндра вынимают волокнистый полуфабрикат, заключенный между металлическим и легким фанерным дисками. Формовочные цилиндры изготовляют различных диаметров в соответствии с требуемыми размерами волокнистых полуфабрикатов. Диск *9* обеспечивает возможность установки на него цилиндра максимального диаметра. Цилиндры на дисках удерживаются только за счет силы тяжести.

Устройства для формирования волокнистых полуфабрикатов войлочных кругов совершенствуются в направлении разработки способов уплотнения полуфабрикатов непосредственно в формовочных цилиндрах.

Формирование волокнистых полуфабрикатов валяной обуви осуществляется с помощью конусно-навивочных кареток, агрегируемых с чесальными машинами: неподвижных с простыми патронами, изготовленными в виде усеченного конуса и укрепленными на тройнике; неподвижных с фигурными патронами, имеющими форму двух конических барабанов (большего для навивки голенища и меньшего для навивки головки); подвижных с фигурными патронами. Перемещающиеся (совершающие возвратно-поступательное движение вдоль образующей съемного барабана чесальной машины) конусно-навивочные каретки имеют ряд преимуществ по сравнению с неподвижными.

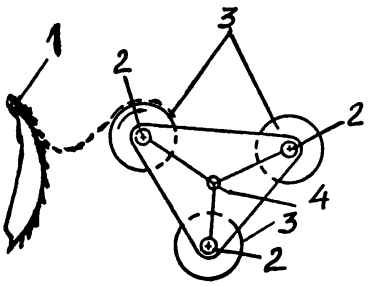


Рис. 2.2.21. Принцип действия конусно-навивочной каретки

Конусно-навивочная каретка оснащена тремя парами фигурных патронов *3* (рис. 2.2.21), закрепленных на валах *2* и обращенных друг к другу малыми конусами (пяточной частью).Расстояние между торцами патронов 50 мм. В этом промежутке расположены опоры валов *2* и зубчатые колеса, с помощью которых патроны приводятся во вращение. Опоры валов закреплены в крестовине *4*, которая может поворачиваться, поочередно подводя к съемному барабану *1* чесальной машины пару патронов. Установка сдвоенных патронов позволяет одновременно формировать два волокнистых конуса, для чего прочес, поступающий со съемного барабана *1* чесальной машины, разделяется перед патронами маятниковым делителем на две полосы, которые разводятся направляющим угольником на расстояние 55 мм и навиваются каждая на свой патрон.

После навивки на патроны волокон требуемой массы крестовина *4* автоматически поворачивается на 120°. При этом патроны со сформированными конусами отводятся от съемного барабана, а вместо них подводится другая пара патронов с надетыми на них чехлами. Готовые волокнистые конусы вместе с чехлами снимают и направляют на дальнейшую обработку, а вместо них надевают новые чехлы.

Большой конус патрона, предназначенный для формирования основы голенища, состоит из металлических секторов *1*, шарнирно связанных с рычагами *2* и вилками *3* (рис. 2.2.22). Другие концы рычагов *2* также шарнирно соединены с подвижной муфтой *4*, которую можно с помощью ручки *5* перемещать вдоль оси патрона. При смещении муфты влево секторы *1* складываются и диаметр патрона уменьшается, что позволяет свободно надевать на патрон полотняные чехлы и снимать сформированные волокнистые конусы. Формирование волокнистых конусов для обуви различных размеров осуществляется с помощью фигурных патронов, имеющих соответствующие размеры.

Формирование волокнистых полуфабрикатов фетровых шерстяных головных уборов также осуществляется на конусно-навивочных каретках, главными рабочими органами которых являются четыре вращающихся конических валика, расположенных попарно на правой и левой стороне каретки. Прочес, сходящий со съемного барабана чесальной машины, навивается на конический патрон, уложенный на конические валики и получающий движение вследствие трения о них. В фетровых головных уборах шерсть должна распределяться с утонением к головке. Для этого конические валики каретки, а вместе с ними и накладной патрон, кроме вращательного имеют колебательное движение. Конусно-навивочная каретка оснащена приспособлениями, позволяющими регулировать частоту вращательного движения патрона, число качаний и угол его качания, угол наклона конических валиков, амплитуду их колебания, включать и выключать колебательное движение валиков.

Предварительное уплотнение (свойлачивание) волокнистых полуфабрикатов. Для предварительного уплотнения войлоков и войлочных полировальных кругов применяют универсальные свойлачивающие машины СУ-230-Ш2 (рис. 2.2.23). Конвейер *1* подает волокнистый холст в свойлачивающий аппарат машины, состоящий из неподвижной нижней рабочей плиты *5*, подвижной верхней рабочей плиты *6*, приводных барабанов и направляющих роликов. Одновременно конвейер служит для увлажнения нижних слоев полуфабриката, для чего перед входом на головной (ведомый) барабан лента *1* замачивается водой в корыте. Лента конвейера изготовлена из ткани, хорошо пропускающей влагу и пар. Концы ленты сшиты встык. Шов закрыт и зашит тонкой льняной тканью.

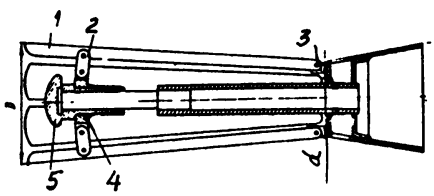


Рис. 2.2.22. Фигурный патрон

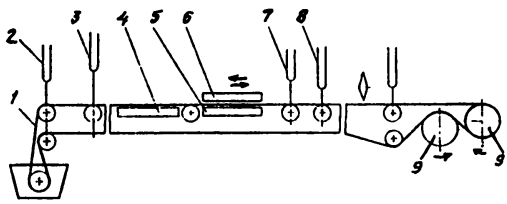


Рис. 2.2.23. Схема универсальной свойлачивающей машины СУ-230-Ш2

Лента приводится в движение двумя барабанами *9* диаметром 400 мм, которые набраны из деревянных брусков, прикрепленных винтами к четырем дискам, установленным на валах. Суммарный угол охвата лентой двух барабанов составляет 420°, что исключает ее проскальзывание. Для увеличения силы трения между лентой и барабанами последние покрыты слоем рифленой резины. Верхняя ветвь ленты со стороны питания и выпуска опирается на поддерживающие ролики (валики), а в средней части - на запаривающую *4* и нижнюю *5* плиты.

Нижняя ветвь конвейера опирается на ряд поддерживающих и натяжных валиков. С обеих сторон ленты в питающей части расположены по шесть вилок *2* для установки рулонов волокнистого полуфабриката диаметром до 1000 мм и по семь вилок *3* для установки рулонов промежуточных полотен диаметром до 400 мм. В выпускной части машины имеются вилки *7* для установки семи рулонов полотен диаметром до 400 мм, а также вилки *8* для установки шести рулонов уплотненного полуфабриката диаметром до 600 мм.

Промежуточные полотна служат для разделения слоев уплотняемого полуфабриката. Кроме того, верхнее промежуточное полотно предохраняет от загрязнения верхнюю рабочую плиту и увлажняет верхние слои волокнистого полуфабриката, для чего используется узел увлажнителя, установленный перед запаривающей плитой *4*, которая служит для предварительного прогрева и пропаривания волокнистого полуфабриката до поступления его в свойлачивающий аппарат машины. В полую внутреннюю часть плиты подается пар, а оттуда выводится конденсат. Рабочая поверхность плиты - гладкая, сетчатая. Через отверстия пар проникает в материал, находящийся на поверхности. Запаривающая плита расположена перед рабочими плитами; между запаривающей и нижней рабочей плитой установлен направляющий валик.

Нижняя рабочая плита является основанием, на котором осуществляется прогрев и свойлачивание волокнистого полуфабриката. Плита пустотелая и имеет окна, закрываемые крышками, которые системой трубопроводов соединены с паровой магистралью и конденсатопроводом. На плите смонтированы четыре упора для создания компенсированного зазора между плитами, что предохраняет войлок от перетирания. Для увеличения силы трения между плитой *5* и лентой *1* рабочая поверхность плиты выполнена рифленой с направлением рифлей вдоль и поперек плиты.

Верхняя рабочая плита является основным рабочим органом свойлачивающей машины и выполняет следующие функции: сжимает обрабатываемый материал, прогревает его, обеспечивает перепутывание волокон между собой за счет колебательного движения в горизонтальной плоскости. По конструкции верхняя плита аналогична нижней. Поскольку верхняя плита является подвижной, подвод пара к ней и вывод конденсата осуществляются через резиновые шланги.

К торцам верхней рабочей плиты (в направлении движения материала) прикреплены два козырька, которые препятствуют образованию рубцов на полуфабрикате от острых краев плиты. К боковым бортам верхней плиты с обеих сторон машины прикреплены по две кулисы. В них заключены вертикальные эксцентриковые валы, приводящие плиту в движение. Каждый эксцентриковый вал состоит из двух частей (верхней и нижней), скрепленных специальным приспособлением. Если верхняя часть вала соединена с нижней таким образом, что их оси совпадают (эксцентриситет равен нулю), то при вращении вал не передает рабочей плите движения в горизонтальной плоскости. Если оси верхней и нижней части вала смещены относительно друг друга, то вал представляет собой кривошип, вращающийся эксцентрично и сдвигающий верхнюю плиту в горизонтальной плоскости. Максимальная амплитуда колебаний верхней плиты составляет 40 мм.

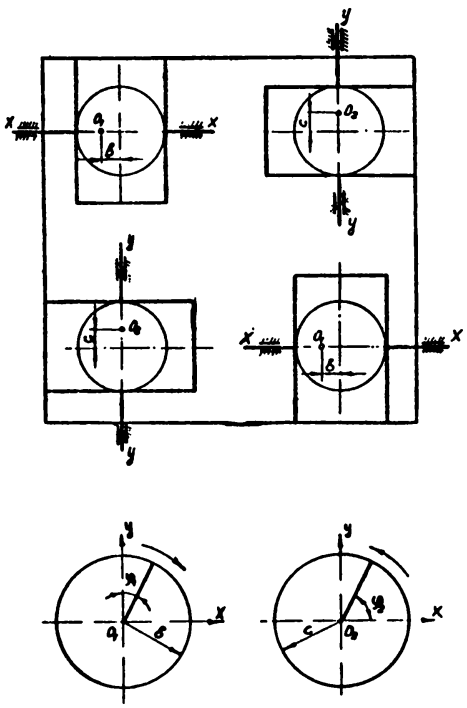


Рис. 2.2.24. Расчетная схема движения рабочей плиты свойлачивающей машины

Уравнение траектории движения рабочей плиты (рис. 2.2.24)

$$\frac{x^2}{b^2}+\frac{y^2}{c^2}+\frac{2xy}{bc}\sin(\varphi_1-\varphi_2)=\cos^2(\varphi_1-\varphi_2),$$

где b и c - эксцентриситеты валов; φ_1 и φ_2 - начальные положения валов; x и y - параметры, определяемые из уравнений движения плиты в двух взаимно перпендикулярных направлениях; $x=b\cos(\omega_1 t+\varphi_1)$; $y=c\sin(\omega_2 t+\varphi_2)$;

ω_1 и ω_2 - угловая скорость соответственно первого и второго вала.

Значение эксцентриситета валов устанавливают по миллиметровой шкале. Эксцентриситеты валов, расположенных по диагонали плиты, должны быть одинаковыми, но эксцентриситеты пар валов могут различаться. Это позволяет осуществлять разнообразные виды движения верхней рабочей плиты относительно нижней: круговое, возвратно-поступательное, по эллиптической траектории. Эксцентриситет устанавливают в соответствии с обрабатываемым материалом. Как правило, эксцентриситет не превышает 18 мм. Рекомендуемая частота колебаний верхней рабочей плиты 193 мин$^{-1}$ при эксцентриситете валов 10 ÷ 12 мм, 161 мин$^{-1}$ при эксцентриситете валов 15 ÷ 18 мм.

Процесс изготовления и предварительного уплотнения волокнистого полуфабриката валяной обуви является наиболее сложным и многоступенчатым. Первичное уплотнение волокнистого полуфабриката (конуса) осуществляется, как правило, на полуавтоматических плитных свойлачивающих машинах ПСК-2 (рис. 2.2.25, *а*). На чугунной станине находится нижняя пустотелая неподвижная чугунная плита *4*, обогреваемая паром, над ней - верхняя деревянная плита *3*, которая может подниматься и опускаться; в процессе уплотнения волокнистого полуфабриката она совершает возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости. Рабочее возвратно-поступательное движение верхней плите *3* передается от электродвигателя через вал *1*, к которому эксцентрично прикреплены шатуны *2*, связанные с верхней плитой. Эксцентриситет установки шатунов *2* на валу *1* и соответственно амплитуду колебательного движения верхней плиты можно регулировать.

Для подъема и опускания верхней плиты предусмотрен отдельный электродвигатель, который через систему передач приводит в движение вал *1* (рис. 2.2.25, *б*). На валу *1* закреплены эксцентрики *2*, которые, вращаясь, нажимают на нижнее плечо двуплечевого рычага *3* и поворачивают его вокруг оси *4*. При этом верхнее плечо двуплечевого рычага поднимает за серьгу *5* верхнюю плиту *6*. Останов верхней плиты в поднятом положении обеспечивается концевыми выключателями.

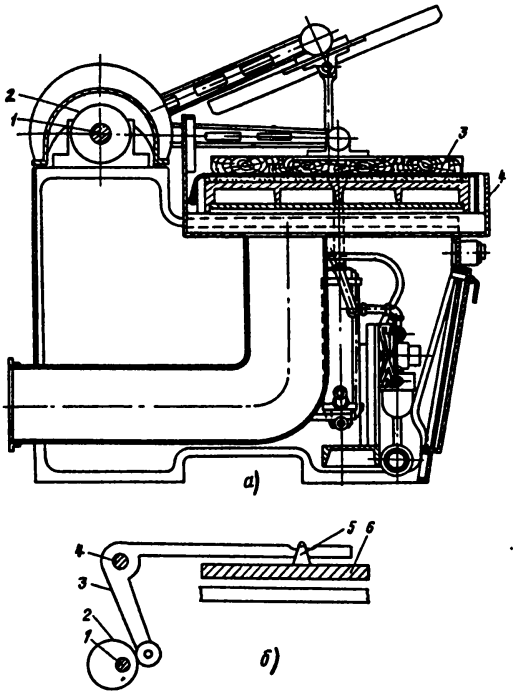


Рис. 2.2.25. Схемы свойлачивающего полуавтомата ПСК-2:
а - технологическая;
б - механизм подъема верхней плиты

Чтобы уплотняемый волокнистый конус не скользил по поверхности плит, рабочую поверхность нижней плиты обтягивают полотном, которое перед закладкой конуса под плиту слегка увлажняют водой. Для предварительного уплотнения конусов рекомендуется использовать свойлачивающие полуавтоматы с перфорированными нижними плитами. Продолжительность одного цикла уплотнения составляет обычно 6 ÷ 20 с. Амплитуда движения верхней плиты может изменяться от 10 до 36 мм (через 5 мм).

Дальнейшее уплотнение основы валяной обуви рекомендуется проводить на плитных свойлачивающих машинах СВП-3-ВВ-М. Основными рабочими органами машины являются: верхняя и нижняя рабочие полуформы, привод вращения полуформ, привод подъема верхней полуформы, остов, электрооборудование. Остов машины литой, чугунный, со всех сторон закрыт ограждениями. Он включает верхнюю плиту, переднюю и заднюю стойки. Полуформы уплотняют основу. Они имеют сапогообразную форму и состоят из алюминиевого корпуса и чугунного листа с отверстиями для выхода пара во время свойлачивания. В машине предусмотрена возможность установки восьми сменных пар полуформ в зависимости от размера уплотняемой обуви.

Для загрузки в машину и выгрузки полуфабриката верхняя полуформа поднимается. Подлежащую уплотнению основу закладывают в нижнюю полуформу соответствующего размера. Вокруг нижней полуформы имеется обечайка, которая установлена на пружинах и по мере уплотнения основы может опускаться под давлением верхней плиты. Обечайка предназначена для уплотнения основы по ее контуру и предотвращения спуска шерсти с кромок. После укладки основы в машину верхняя плита опускается. Основа оказывается зажатой в замкнутой форме верхней и нижней полуформами и обечайкой. Затем автоматически включаются в работу обе полуформы. Они движутся по кругу навстречу друг другу с амплитудой 12 мм.

Через определенное время, задаваемое с помощью реле времени на пульте управления, движение плит автоматически прекращается и верхняя полуформа поднимается. Во время процесса свойлачивания полуфабрикат подогревается и увлажняется паром, который подается в обе полуформы и через отверстия проходит к материалу. Периодическое включение и отключение подачи пара обеспечивается автоматическим клапаном, связанным с механизмом подъема верхней полуформы.

Машина оснащена местным пароотсасывающим устройством, обеспечивающим эффективный отсос пара по всему контуру рабочих полуформ.

После обработки на полуавтоматах ПСК-2 или СВП-3-ВВ-М основа валяной обуви доуплотняется обычно на катальных машинах КО-3А. Ее завертывают в полотно в виде рулона на столах, установленных перед катальной машиной. Большую часть стола выполняют в виде металлической плиты, обогреваемой паром. Подготовленный рулон с основой переносят на столик катальной машины. Машина состоит из остова, приводов верхнего барабана, стола, машины, узла выбрасывания рулона, верхнего барабана, двух нижних барабанов, противовеса, пульта управления и подъемного столика.

Верхний барабан имеет вал с установленными на нем четырьмя ободьями, к которым крепятся деревянные планки. Барабан может подниматься и опускаться с помощью привода. На концах барабана имеются ползуны с концевыми выключателями, ограничивающими перемещение барабана. Нижние барабаны устроены аналогично верхнему. Один из них приводится в движение от индивидуального электродвигателя. Направление вращения барабанов может изменяться. Подъемный столик представляет собой деревянную плиту, покрытую пластиком и шарнирно прикрепленную к остову машины. Для сброса рулона с основой на нижние барабаны столик может поворачиваться на некоторый угол с помощью специального привода. Узел выбрасывания рулона состоит из двух рычагов и двух секторов, связанных между собой связкой-сегментом. Сектора шарнирно установлены на валу нижнего барабана.

Волокнистые полуфабрикаты фетровых шерстяных головных уборов подвергают предварительному уплотнению на плитных свойлачивающих машинах фирмы Банер (Германия). Главными рабочими органами машины являются две пары уплотняющих плит. Нижние плиты изготовлены из чугуна, они поддерживаются в передней части роликами. Верхняя поверхность этих плит покрыта медным листом. Нижние плиты выполнены пустотелыми. Внутрь плит при работе машины подается пар, который может свободно проходить через отверстия верхней поверхности плиты к обрабатываемому материалу. Верхние плиты изготовляют из легкого сплава силумина. Рабочие поверхности нижних и верхних плит обтягиваются полотном. Плиты получают возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости от эксцентрикового механизма, конструкция которого позволяет регулировать амплитуду движения плит. Для закладки полуфабриката верхняя плита поднимается. Подъем и опускание верхней плиты осуществляются с помощью пневматического устройства. Давление верхней плиты на полуфабрикатах может регулироваться.

Пропитывание основы валяльно-войлочных изделий валочными растворами. После свойлачивания большая часть валяной обуви и войлоков, а также войлочные полировальные круги пропитывают валочными растворами (кислотными или щелочными) с целью повышения интенсивности и ускорения усадки полуфабрикатов в последующем процессе валки. Для пропитывания полуфабрикатов войлоков рекомендуется использовать проходную кисловочную машину КВП-2М (рис. 2.2.26). Машина состоит из барки *1* с барабанами *3*, направляющих валов, отжимного устройства *4*, выходного роликового конвейера *6*. Барка *1* и нижний направляющий вал *7* выполнены из коррозионно-стойкого сплава 06ХН28МДТ. Деревянные направляющие валы, установленные над поверхностью валочного раствора, имеют кольцевые проточки для размещения лавсановых лент *2*. Барка *1* служит для пропитывания основы войлока в растворе серной кислоты. Подача раствора в барку и поддержание его уровня регулируются поплавковым запорным устройством. Направляющие валы с барабанами *3* и огибающими их лавсановыми лентами *2* предназначены для проводки войлока через раствор в барке *1* и подачи их в отжимные валы. Отжимное устройство *4* выполнено в виде двух обрезиненных валов, вращающихся в противоположных направлениях. Валы связаны между собой зубчатой передачей, зубчатые колеса которой имеют модуль 10 мм и высоту зуба 22 мм, что обеспечивает постоянное зацепление даже при изменениях межцентрового расстояния между валами, обусловленных прохождением кусков

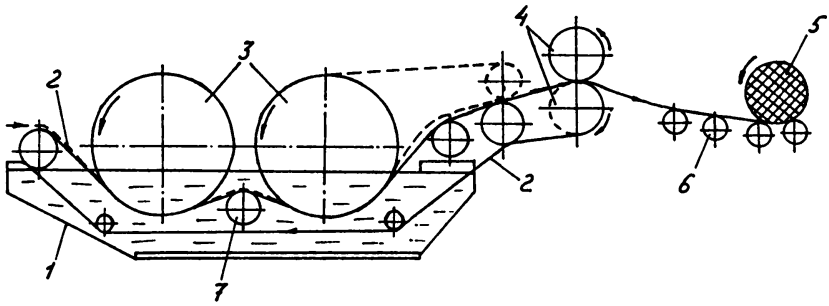


Рис. 2.2.26. Схемы кисловочной машины КВП-2М для пропитывания основы войлоков валочными растворами

войлока различной толщины. Необходимое давление в жале валом обеспечивается рычажной грузовой системой. Выходной роликовый конвейер *6* состоит из четырех приводных роликов и предназначен для наматывания отжатых кусков войлока в рулон *5*. Последний ролик имеет увеличенный диаметр и повышенную окружную скорость по сравнению с остальными. Привод машины состоит из двухскоростного электродвигателя, червячного редуктора и системы цепных передач. Пульт управления машиной обеспечивает включение и выключение рабочего и реверсивного хода на двух скоростях.

Пропитывание основ войлочных полировальных кругов осуществляется с помощью кисловочной машины КВК-2 проходного типа, состоящей из питающего конвейера, барки с ложным дном, четырех вращающихся барабанов и отжимных валов. Основу валяной обуви пропитывают валочным раствором в проходной кисловочной машине, состоящей из барки с ложным перфорированным дном и расположенных над ним вращающихся деревянных барабанов. Основа заправляется под барабанами внахлестку, прижимается ими к ложному дну и продвигается в растворе вдоль ложного дна, после чего с помощью передаточного валика и отжимных валов выводится из машины. Производительность машины составляет до 300 пар обуви в час.

Валка валяльно-войлочных изделий. Валка полуфабрикатов валяльно-войлочных изделий осуществляется в машинах, которые по принципу действия можно разделить на три группы: ударного, скользяще-давящего и колебательно-давящего действия. К машинам ударного действия относятся молотковые машины, которые используют во всех отраслях валяльно-войлочного производства. К машинам скользяще-давящего действия можно отнести цилиндровые машины, предназначенные для валки длинномерных войлоков, а также кольцевые валичные машины для производства фетровых головных уборов. К машинам колебательно-давящего действия относятся многоваличные машины, предназначенные для изготовления фетровых головных уборов, войлоков, а иногда и валяной обуви.

Одномолотовые и двухмолотовые машины могут быть горизонтального и вертикального боя. Одномолотовые машины горизонтального боя используются для валки войлоков и войлочных полировальных кругов. Двухмолотовые машины горизонтального боя используют в производстве валяной обуви, а вертикального - в производстве фетровых головных уборов.

Малая одномолотовая машина МДК-1 с подвесным молотом имеет станину, привод, корыто и молот (рис. 2.2.27). На боковых рамах установлены две стойки *6*, несущие верхний вал машины. Молот *3* набран из дубовых досок, прикреплен к двум маятникам *4*, подвешенным на верхнем валу. Молот приводится в качательное движение относительно оси *5* с помощью двух эксцентриков *1*, закрепленных на приводном валу *2*. Корыто *7* набрано из дубовых досок, прикрепленных к ребристым рамам и угольникам машины. С боков корыто ограничивается двумя дубовыми щитами, прикрепленными к боковым станинам. Машина выпускается с постоянным рабочим объемом корыта, который допускает единовременную загрузку до 180 кг войлока или 180 ÷ 200 кг войлочных кругов.

Положение центра удара молота может быть определено по формуле

$$l = \frac{J_s + mR_s^2}{mR_s} = \frac{J_s}{mR_s} + R_s,$$

где l - длина математического маятника или расстояние от оси качания молота (точка $д$) до цента удара (точка $к$); J_s - момент инерции массы молота относительно оси, проходящей через его центр тяжести (точка s); m - масса молота; R_s - расстояние от центра тяжести молота (точка s) до центра качания (точка $д$).

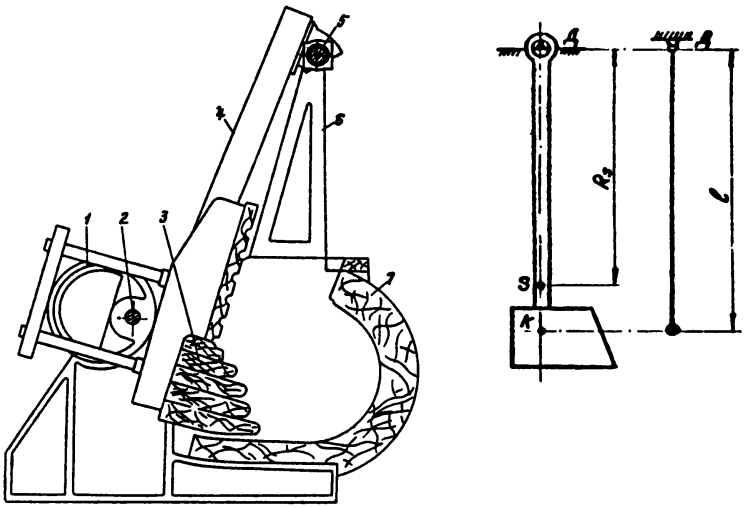


Рис. 2.2.27. Схема одномолотовой машины МДК-1

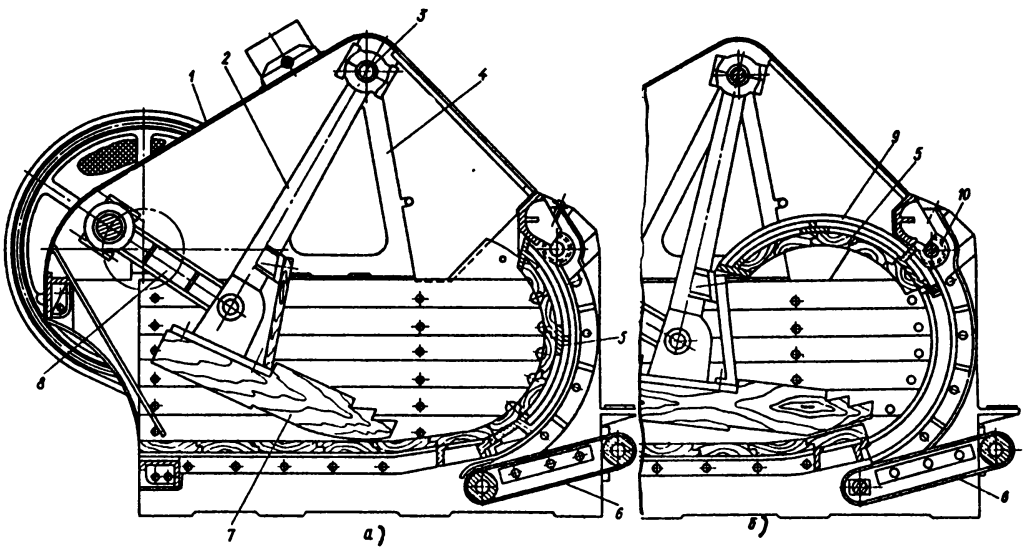


Рис. 2.2.28. Схема двухмолотовой машины МВ-3

В производстве валяной обуви применяют двухмолотовые машины МВ-3 (рис. 2.2.28, *а*). Эта машина состоит из рамы, привода, молотов, конвейера, подвижного сектора и пульта управления. Рама машины представляет собой две станины, скрепленные между собой поперечными связями и неподвижным сектором. На станине через верхнюю часть стоек *4* проходит вал *3*. На валу *3* на подшипниках качения подвешены мотыли *2*, которые приводятся в качательное движение от коленчатого вала через шатуны *8*. На концах мотылей *2* установлены молоты *7*. Колена коленчатого вала расположены относительно друг друга под углом 180°. Вследствие этого молоты во время работы машины получают поочередное качание: один молот движется вперед, второй отводится назад. Машина имеет ограждения *1*, которые предотвращают разбрызгивание и испарение раствора из корыта.

Для механизации выгрузки полуфабриката передняя стенка *5* корыта выполнена в виде открывающегося подвижного сегмента (рис. 2.2.28, *б*). За счет вращения зубчатого колеса

10 зубчатая рейка *9*, а вместе с ней и подвижный сегмент могут перемещаться вверх, открывая переднюю часть корыта. Ниже подвижного сегмента в передней части машины расположен конвейер *6*, используемый для транспортировки полуфабриката в специальный контейнер.

Дополнительное уплотнение колпаков для мужских фетровых головных уборов проводится на двухмолотовых машинах вертикального боя. Машина вертикального боя имеет форму корыта (не такую как у машин горизонтального боя), установлена почти вертикально. Молоты машины прикреплены к горизонтальным брусьям, которые через шатуны получают возвратно-поступательное движение от коленчатого вала, расположенного в нижней части машины. Движение брусьев и молота направляется салазками. Молотовые машины вертикального боя с различным рабочим объемом корыта выпускает фирма Банер (Германия).

Процесс валки войлоков на молотовых машинах имеет существенные недостатки: валка протекает хаотично и не обеспечивает равномерной обработки полуфабриката по всей площади; расплавка и сворачивание в рулоны полуфабриката требует больших затрат ручного труда; периодический характер процесса не позволяет включить эту операцию в автоматизированную поточную линию производства. Эти недостатки могут быть в значительной мере устранены заменой молотовых машин многоваличными валяльными с валкой полуфабриката в расправленном состоянии, равномерно по всей площади с усадкой одновременно по длине, ширине и толщине.

На рис. 2.2.29 приведена схема многоваличной машины R48/2.4-6 фирмы Велькер, предназначенная для валки войлоков толщиной до 6 мм. Основными рабочими органами машины являются 48 валиков шириной 2400 мм: 24 нижних, имеющих цилиндрическую форму, и 24 верхних различной конфигурации (13 цилиндрических и 11 веретенообразных). Все валики стальные с привулканизированным к ним резиновым покрытием. При работе машины валики вращаются в одном направлении, причем скорость вращения валиков на входе в зону обработки превышает скорость на выходе и составляет соответственно 230 и 200 м/мин.

Вследствие разности скоростей полуфабрикат в зоне обработки сморщивается, что обеспечивает его усадку по длине. Нижние рабочие валики *10* приводятся в движение от главного привода машины, а верхние *9* вращаются благодаря трению об обрабатываемый полуфабрикат. Верхние валики создают давление на материал около 7 МПа. Верхние валики могут подниматься посредством гидравлических цилиндров. Верхние валики в процессе работы машины совершают небольшие колебательные движения (подпрыгивают), создавая дополнительную нагрузку на полуфабрикат.

Валка войлока в машине осуществляется в виде бесконечного полотна. Устройство подачи полуфабриката *1* в рабочую зону состоит из заправочного валика *2*, направляющего валика *3*, расправляющих валиков *4*, поддерживающих валиков *5* и измерительного валика *8*. Машина оснащена оросительным устройством, состоящим из распылителя *6* с форсунками *7*, бака *12* из коррозионно-стойкой стали и насоса. Устройство возврата полуфабриката

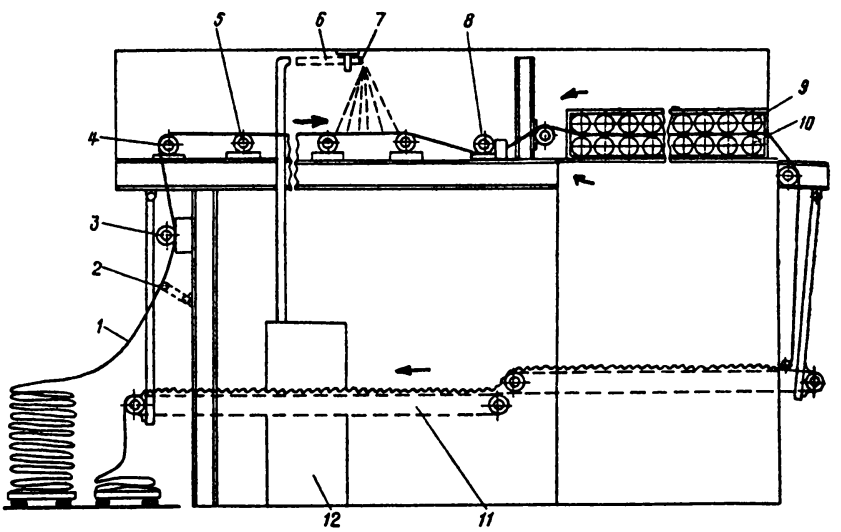


Рис. 2.2.29. Схема многоваличной валяльной машины R48/2.4-6 фирмы Велькер (Германия)

к заправочному валику *2* состоит из двух конвейеров *11* с тяговыми элементами в виде набора узких лент из синтетического материала. Скорость конвейера небольшая, поэтому полуфабрикат собирается на нем в складки, что позволяет разместить в машине кусок войлока значительной длины (180 ÷ 200 м).

Фирма Крафft Гебель (Германия) выпускает универсальные многоваличные машины PWSE-24, которые могут быть использованы для валки войлока толщиной 1 ÷ 100 мм. Основными рабочими органами машины являются два ряда валиков: восемь верхних и девять нижних. Все валики изготовлены из стальных труб с покрытием из ткани, пропитанной бакелитовыми смолами. Такое покрытие устойчиво к истиранию, действию кислот и щелочей. Поверхности валиков имеют канавки различного профиля. Верхним валикам сообщается быстро чередующееся вращательное движение вперед и назад в направлении движения полуфабриката, причем угол поворота в направлении подачи превышает угол поворота в обратном направлении. Благодаря этому происходит циклическое нагружение и разгружение материала при одновременном его перемещении. Значение обратного угла поворота регулируется, что позволяет изменять скорость перемещения материала. Верхние валики совершают также осевые колебательные движения, что способствует усадке материала по ширине. Величина разводки между рабочими валиками устанавливается 2 ÷ 70 мм перемещением валиков нижнего ряда. Производительность машины при изготовлении войлока толщиной 10 мм и плотностью 0,4 г/см^3 составляет около 70 кг/ч.

Многоваличные машины, выпускаемые фирмами Меццера (Италия) и Банер (Германия), используют также в производстве фетровых головных уборов. По принципу действия они аналогичны описанным выше машинам.

Окончательное уплотнение мужских фетровых головных уборов осуществляется на кольцевой машине КМ-3 (рис. 2.2.30). Ее основными рабочими органами являются два нижних рабочих вала *2* с бронзовыми кольцами, расположенными под углом к поверхности валов. Верхний вал *1* имеет продольное рифление. Под валами установлен бак *4* для воды, подогреваемой паром. Нижние валы, соединенные зубчатой передачей, вращаются в одну сторону. Верхний вал получает движение от одного из нижних валов через промежуточное зубчатое колесо и может подниматься и опускаться, не выходя из зацепления с нижним валом. С другим нижним валом кинематически связан вал *6*, на котором укреплен кулачок *5*. Через систему рычагов кулачок *5* периодически поднимает верхний вал *1*, приводя одновременно в действие механизм *3* выбрасывания, который выводит из машины обрабо-

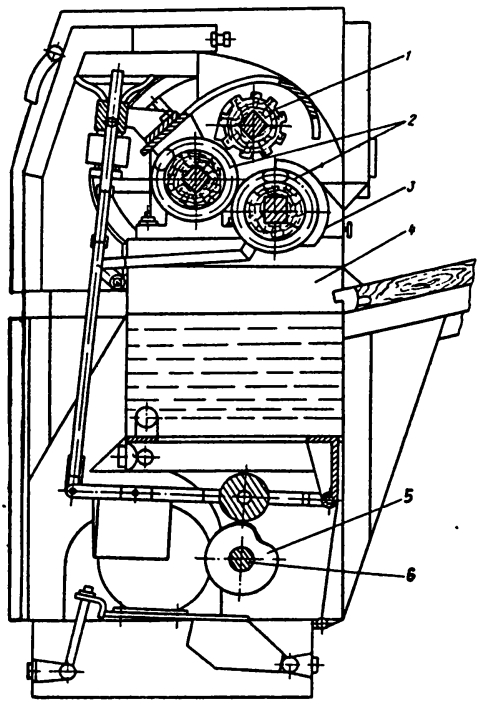


Рис. 2.2.30. Схема кольцевой машины КМ-3

танный полуфабрикат. Фетровые колпаки обрабатывают на машине завернутыми в свертки по несколько штук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бершев Е. Н., Куликова Н. А.** Технический контроль в производстве нетканых материалов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 120 с.

2. **Бершев Е. Н., Лобова Л. В.** Печать ворсом. М.: Легпромбытиздат, 1989. 127 с.

3. **Бершев Е. Н., Смирнов Г. П.** Нетканые ковры. М.: Легпромбытиздат, 1986. 216 с.

4. **Бусленко Н. П.** Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 399 с.

5. **Гарбарук В. Н.** Расчет и конструирование трикотажных машин. М.: Машиностроение, 1966. 524 с.

6. **Гензер М. С.** Механическая технология нетканых текстильных полотен. М.: Легкая индустрия, 1978. 200 с.

7. **Гензер М. С.** Производство нетканых полотен. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. 248 с.

8. **Гусев В. Е.** Сырье для шерстяных тканей и нетканых изделий и первичная обработка шерсти. М.: Легкая индустрия, 1977. 408 с.

9. **Гусев В. Е.** Технология вторичного текстильного сырья. М.: Легкая индустрия, 1970. 350 с.

10. **Гусев В. Е., Озеров Б. В.** Оборудование поточных линий и технология производства нетканых материалов. М.: Легкая индустрия, 1978. 240 с.

11. **Гусев В. Е., Сергеенков А. П.** Технология вязально-войлочного производства. М.: Легпромбытиздат, 1988.

12. **Далидович А. С.** Основы теории вязания. М.: Легкая индустрия, 1970. 432 с.

13. **Далидович А. С., Шалов И. И., Кудрявин Л. А.** Технология трикотажного производства. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 295 с.

14. **Иванов В. Ф., Куликов А. М.** Фотоэлектрические методы контроля в трикотажной промышленности. М.: Легпромбытиздат, 1985. 104 с.

15. **Кокорин В. В., Зеленова Л. В.** Холстообразующие машины для производства нетканых материалов. М.: Легкая индустрия, 1971. 87 с.

16. **Кудрявин Л. А.** Автоматизированное проектирование основных параметров трикотажа. М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1992. 190 с.

17. **Кузнецов Б. А.** Расчет и проектирование петлеобразующей системы основовязальных машин. М.: Легпромбытиздат, 1989. 152 с.

18. **Крысько Л. П., Деханова М. Г.** Техника и технология плетения. М.: Легпромбытиздат, 1990. 176 с.

19. **Кузьмичев Ф. И., Левин М. И., Плужникова Л. И.** Технология производства фетровых пуховых головных уборов. М.: Легкая индустрия, 1977. 160 с.

20. **Лабораторный** практикум по технологии нетканых материалов / Г. Л. Барабанов, В. М. Горчакова, С. А. Овчинникова и др. М.: Легпромбытиздат, 1988. 416 с.

21. **Мильченко И. С.** Основы проектирования трикотажных машин. М.: Ростехиздат, 1962. 226 с.

22. **Мильченко И. С.** Теория угла кулирования // Трикотажная промышленность, 1995. № 2. С. 74 - 96.

23. **Моисеенко Ф. А.** Нормализация процесса вязания на основовязальных машинах. М.: Легкая индустрия, 1978. 199 с.

24. **Мяги А. Р.** Пробивные иглы для производства иглопробивных полотен. М.: Легкая индустрия, 1977. 152 с.

25. **Нетканые** текстильные полотна / Е. Н. Бершев, Г. П. Смирнов, Б. В. Заметта. М.: Легпромбытиздат, 1987. 400 с.

26. **Перепелкина М. Д., Щербакова М. Н., Золотницкая К. Н.** Механическая технология производства нетканых материалов. М.: Легкая индустрия, 1973. 536 с.

27. **Пинхасович С. В., Морозова Г. П., Мартиросян А. Н.** Основные направления развития плосковязальных машин с электронным управлением для производства изделий по безотходной технологии. Обзорная информация. М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1987. 58 с.

28. **Проников А. С.** Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978. 575 с.

29. **Рабочие** процессы трикотажных машин. Учеб. для вузов / А. С. Далидович, А. Н. Костылева, А. И. Антонова и др. М.: Легкая индустрия, 1976. 320 с.

30. **Симин С. Х., Миркин М. С.** Кругловязальные машины для полурегулярных изделий. М.: Легкая индустрия, 1969. 366 с.

31. **Технология** производства нетканых материалов / Е. Н. Бершев, В. В. Курицына, А. И. Куриленко и др. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 352 с.

32. **Тихомиров В. Б.** Химическая технология производства нетканых материалов. М.: Легкая индустрия, 1971. 244 с.

33. **Физико-химические** и комбинированные способы производства нетканых материалов / Е. Н. Бершев, В. М. Горчакова, В. В. Курицына и др. М.: Легпромбытиздат, 1993. 352 с.

34. **Цитович И. Г.** Теоретические основы стабилизации процесса вязания. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 136 с.

35. **Цитович И. Г.** Технологическое обеспечение качества и эффективности процессов вязания поперечно-вязаного трикотажа. М.: Легпромбытиздат, 1992. 240 с.

РАЗДЕЛ 3

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ И ВОЛОКОН

Глава 3.1

МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ И ВОЛОКОН

3.1.1. ФОРМОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

Формовочные машины предназначены для получения химических нитей бесконечной длины. Их конструкция зависит от вида формовочного раствора и способа формирования нити, получаемой из растворов полимеров по мокрому и сухому способам, из расплавов полимеров по сухому способу, из растворов или расплавов полимера комбинированным (сухо-мокрым) способом.

Формование нити на машинах всех видов заключается в продавливании формовочного раствора или расплава через капилляры фильер с целью разделения общего потока на отдельные струйки. При мокром способе формования затвердевание струек происходит в результате их химического взаимодействия с осадительным раствором, при сухом из раствора - вследствие испарения из струек летучих растворителей, а при сухом из расплава - в результате охлаждения струек в воздушной среде.

Формовочная машина включает механизмы подачи и дозирования формовочных растворов или расплавов, формования, вытягиваения, транспортирования и приема нити. В зависимости от места расположения этих механизмов машины могут быть одно- или двусторонними, одно- или многоэтажными, с движением нити снизу вверх или сверху вниз, в горизонтальном или наклонном направлениях, а также с различной комбинацией направлений движения.

На рис. 3.1.1, *а*, *б* изображены поперечные разрезы машин для получения вискозных текстильных нитей и технических нитей по мокрому способу.

На центрифугальной машине ФЦ-250-И7 формовочный раствор (вискоза) из общего вискозопровода *8* дозирующими насосами *6* подается через насосные стойки *7*, трубки *9* и стойки *12* в фильтр-пальцы *13*, затем по червякам *14* к фильерам *3* (рис. 3.1.1, *а*). Дозирующие насосы получают вращение от зубчатых колес *4*, установленных на насосном валу *5*. Осадительный раствор *2* поступает в общий желоб *10* через радиальное отверстие трубы *1*. Отвод отработанного осадительного раствора осуществляется по сливной трубе *11*. Из осадительной ванны сформованные нити проходят нижние транспортирующие диски *15*, размещенные на приводных коробках *16*, а затем - верхние диски *18* с приводом *24*. Вследствие различия окружных скоростей дисков *15* и *18* нить получает вытяжку. С верхних дисков, сформованные нити через воронки *26* нитераскладчиков попадают в кружки *29* центрифуг и укладываются в кулички.

Возвратные движения воронкам *26* сообщаются секционными раскладочными механизмами *21* через штанги *22* и нитеводители *25*. Нитеводительные штанги *22* движутся с периодически изменяющейся скоростью, благодаря чему нить укладывается с переменным шагом и формируется кулич с относительно равномерной структурой.

Рабочая зона машины имеет вентиляционное укрытие с заправочным щитом *23* и подъемными рамками *17* с двухрежимной вентиляцией, воздуховодами *20* постоянного отсоса и *19* усиленного отсоса. Кружки центрифуг, в которых выделяется основное количество сероуглерода, герметизированы в гнездах с удалением паров CS_2 и H_2S по трубе *33*. Каждое гнездо состоит из кожуха *30*, верхних и нижних гидрозатворов. Нижний гидрозатвор имеет резервуар *32*, заполненный жидкостью, в которую погружен колпак *31*, закрепленный на корпусе электроверетена. Верхний гидрозатвор состоит из резервуара *28* и колпака *27* с центральным отверстием для прохода воронки.

Усовершенствование конструкции центрифугальных машин идет по пути улучшения герметизации центрифуг с кружками, повышения надежности системы капсуляции, усовершенствования системы вентиляции, автоматизации съема куличей. Основным направлением развития производства химических нитей из растворов полимеров является переход от периодически действующих машин к непрерывным механизированным машинам и поточным линиям. В основу непрерывного процесса производства вискозных текстильных нитей положен принцип полной отделки одиночных нитей на формовочной машине.

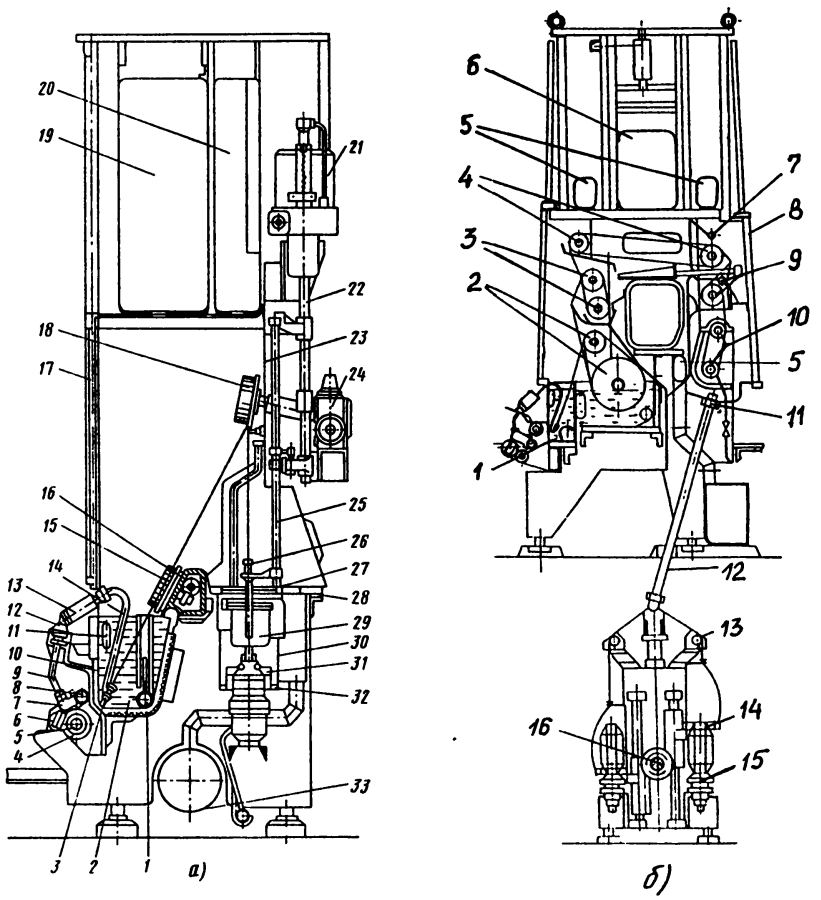


Рис. 3.1.1. Формовочные машины для получения вискозных текстильных нитей:
а - ФЦ-250-И7; *б* - ФНШ-И4

В машине ФНШ-И4 формовочно-отделочные и приемные механизмы установлены на разных отметках (рис. 3.1.1, *б*). Механизмы подачи, дозирования и формования этой машины такие же, как у машины ФЦ-250-И7. При выходе из ванны *1* свежесформованная нить заправляется на парные цилиндры *2* довосстановления, из которых нижний горизонтальный погружен в ванну довосстановления, а верхний наклонный имеет канавки, предназначенные для вытягивания нити.

Нить, накопленная на парных продольных цилиндрах *3*, отмывается путем погружения нижнего цилиндра в промывную жидкость, поступающую по желобу второй промывки. Нить заправляется на парные продольные цилиндры *4* механизма второй промывки, где орошается промывной жидкостью, поступающей из дозирующего устройства *7*. Промытая нить подвергается отделке на продольных цилиндрах *9* сушится на парных цилиндрах *10*. Через трубки *12* с помощью инжекторного устройства *11* нить передается на первый этаж. Пройдя замасливающее устройство *13*, нить наматывается на нитеноситель *14*, установленный на шпинделе электровретена *15*. Раскладка нити на нитеносителе осуществляется с помощью механизма раскладки *16*, приводом которого является гидродвигатель лопастного типа.

Формовочно-отделочная часть машины капсулирована, система вентиляции *5* обеспечивает постоянный отсос газовоздушной смеси из зоны формования и отделки нитей. Машина снабжена системой *6* усиленного отсоса, сблокированной с рамками *8* капсуляции. При открывании любой рамки срабатывает клапан усиленного отсоса.

Зарубежные образцы машин непрерывного процесса фирм Кульян (США), Добсон и Барлоу (Великобритания), Мейрер (Швейца-

рия) и других отличаются конструкцией механизмов непрерывного накопления и транспортирования нитей (парные цилиндры, ребристые ролики, планетарно-вращающиеся ролики или гидроаэродинамические устройства).

Формовочные машины для производства технических нитей по мокрому способу имеют механизм пластификационной вытяжки, представляющий комбинацию двух вращающихся дисков, между которыми расположено устройство пластификации, выполненное в виде горизонтальной или вертикальной трубки или желоба.

Техническая характеристика формовочных машин приведена в табл. 3.1.1.

Производительность (кг/сутки) машины мокрого формования

$$Q = 0{,}0864\ v\ T\ z\ K_1\ K_2,$$

где v - скорость наматывания нити, м/с; T - линейная плотность нити, текс; z - число рабочих мест (центрифуг, веретен) на машине; K_1 - коэффициент полезного времени машины; K_2 - коэффициент усадки нити.

На машинах для формования нитей из растворов по сухому способу технологический процесс осуществляется сверху вниз (рис. 3.1.2).

Формовочный раствор поступает по растворопроводу *9*, идущему вдоль формовочной машины. Дозирующие насосы *10*, закрепленные в насосных стойках *8*, подают формовочный раствор в фильтр-пальцы *11*. Отфильтрованный раствор, пройдя через подогреватель *13* и заправочный плунжерный насос, поступает к фильере, закрепленной в формовочной головке *12*. Из фильеры струйки формовочного раствора попадают в обогреваемую шахту *7*. Газовоздушная смесь отсасывается из шахты и по воздуховоду *14* поступает на регенерацию. Нить, пройдя через шахту, замасливающий ролик *5*, заправляется на транспортирующий диск *4*, который обеспечивает постоянную скорость нити при формовании. Далее нить проходит через бегунок, скручивается и наматывается на фланцевую катушку *3*. Для поддержания постоянного натяжения нити в баллоне кольцевые планки крепятся на машине неподвижно, а электроверетена *2*, установленные на веретенном брусе *1*, совершают возвратно-поступательное движение с помощью механизма раскладки с гидравлическим приводом поршневого типа.

На машинах для формования нитей сухо-мокрым способом элементарные струйки, выходя из капилляров фильеры, попадают в воздушную среду, а затем в осадительный раствор, находящийся в желобе или в трубке. Расстояние от поверхности фильеры до уровня жидкости регулируется в пределах 8 ÷ 40 мм в зависимости от вида вырабатываемых нитей.

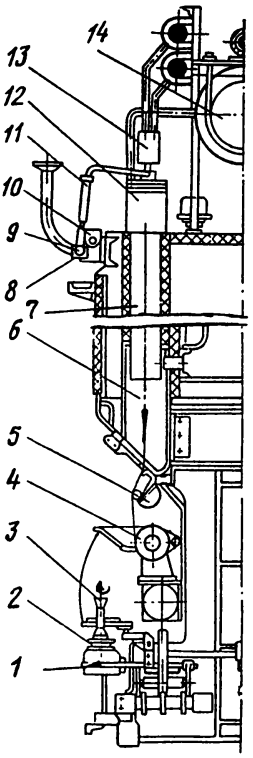


Рис. 3.1.2. Формовочная машина ФА-240-И3

Процесс формования нитей из расплавов по сухому способу осуществляется по двум технологическим схемам: полимер поступает в машину в расплавленном состоянии (непрерывный процесс) или в виде гранул (периодический процесс). Формовочные машины непрерывного процесса применяют при получении нитей, не требующих высокой прочности (ковровые нити, волокна). В производстве текстильных и технических нитей предпочтение отдается формованию нити из гранул, так как при такой схеме можно получать нити со стабильными свойствами, легко маневрировать загрузкой оборудования и удобно располагать производство.

Нити из гранул в зависимости от построения технологического процесса могут формоваться классическим способом, скоростным или совмещенным. Основные механизмы формовочных машин принципиально не различаются при этих способах, за исключением вытяжных и приемно-наматывающих механизмов. При классическом способе получают гладкую невытянутую нить, а затем ее вытягивают на крутильно-вытяжной или текстурирующей машине; скорость формования не превышает 40 м/с. На машинах SRW с совме-

3.1.1. Техническая характеристика машин для формования нитей из растворов полимеров

Показатель	ФЦ-250-И7	ФНШ-180-ИМ	ФНШ-И4	МН-90-И	ФА-240-И	Добсон и Барлоу	Мейрер	Кульян
Скорость выпуска нити, м/с	1,8	1,8	1,8	1,7	9,0	1,3	1,7	1,7
Линейная плотность нити, текс	8,3 ÷ 22	7,9 ÷ 16,6	8,3 ÷ 16,7	8,4 ÷ 16,7	5 ÷ 16,6	-	-	-
Механизм накопления и транспортирования нити	-	Парные цилиндры			-	Парные цилиндры		Консольные барабаны с планетарно вращающимися роликами
Вытяжка, %	0 ÷ 30	17	-	-	-	15	15 ÷ 30	15 ÷ 30
Частота вращения веретена, $мин^{-1}$	9000	8000	-	-	6000	6500	8000	10000
Масса нити на паковке, кг	0,7	1,5 ÷ 1,8	2,3	1,8	1,8	1,7	1,5	1,1
Габариты машины, мм (длина × × ширина × высота)	22138× ×1360× ×4220	25320× ×2460× ×4490	29000× ×2500× ×6325	29500× ×2700× ×4300	17525× ×1905× ×6450	20260× ×1830× ×2780	16500× ×2460× ×3720	16500× ×3150× ×1520

Примечание. Способ формования мокрый, за исключением машины ФА-240-И.

щением формования и вытягивания нить получают полностью вытянутой, а скорость наматывания достигает 80 м/с. На машинах SSW скоростного формования вытяжные устройства отсутствуют, скорость формования 85 ÷ 100 м/с задается приемно-намоточным устройством и обеспечивается полное вытягивание нити. При совмещении скоростного формования с вытягиванием (машина SSRW) полная вытяжка осуществляется на участках между фильерой и вытяжным устройством (фильерная вытяжка) и от вытяжного устройства до приемно-намоточного (последующая вытяжка). При этом способе получают нить с наилучшими показателями (макромолекулы полимера полностью ориентированы по оси нити).

Для плавления гранул используют чаще всего обогреваемые экструдеры. Дозирование формовочного расплава осуществляется однопоточными или многопоточными насосами. Устройствами для охлаждения струек расплава являются обдувочные шахты. Транспортирующие диски имеют индивидуальный электропривод с регулированием частоты вращения. При классическом формовании применяют в основном дисковые замасливающие устройства, при скоростном - щелевые.

У машины ФМ-600-КШ24 с периодическим классическим способом формования гранулы полимера по пневмотранспорту в среде азота подают в загрузочный бункер *1*, в котором они после заполнения и отключения системы подачи продуваются азотом (рис. 3.1.3, *а*). Из бункера *1* гранулы через компенсатор *2* при открытых кранах *3* самотеком поступают в промежуточный бункер *4* и далее в экструдерное плавильное устройство *5*. Промежуточный бункер *4* обеспечивает непрерывную работу плавильного устройства во время заполнения гранулами бункера *1* и продувки их азотом в течение 2 ÷ 3 ч. Расплавленный полимер по трубопроводу *6* распределяется по формовочным устройствам *7*. Каждый экструдер обеспечивает расплавом восемь формовочных устройств. Четыре формовочных устройства смонтированы в одной обогреваемой балке *8*. В одном формовочном устройстве расплав разделяется на четыре потока и дозировочными насосами подается к фильерным головкам *11*.

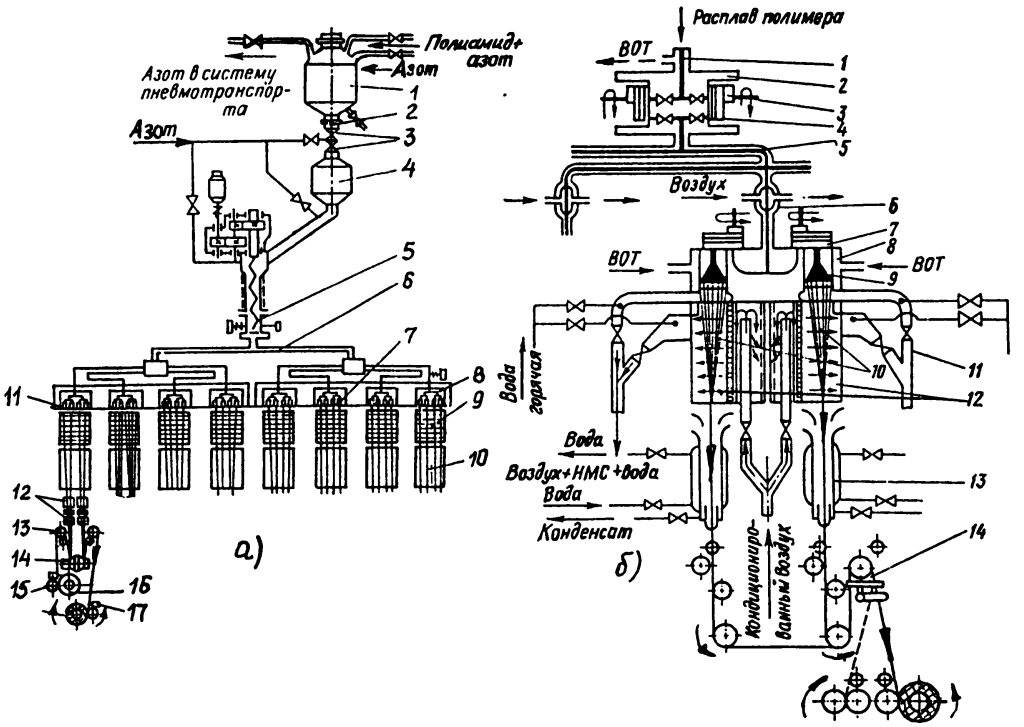


Рис. 3.1.3. Машина для формования нитей из расплавов:
а - периодическим способом; *б* - непрерывным способом:
1, 5 - расплавопроводы; *2* - напорный блок; *3* - напорный насос; *4* - запорное устройство; *6* - замораживающее устройство; *7* - дозировочный насос; *8* - формовочная головка; *9* - фильерный комплект; *10* - обдувочная шахта; *11* - устройство отсоса; *12* - нить; *13* -сопроводительная шахта; *14* - приемно-намоточное устройство

При формовании на каждом рабочем месте четырех нитей устанавливается один однопоточный дозирующий насос, а при формовании восьми нитей - один двухпоточный. Струйки расплава, вытекающие из капилляров фильеры, охлаждаются вначале в шахте *9* кондиционированным воздухом и окончательно в сопроводительной шахте *10*. Далее нити обрабатываются текстильно-вспомогательными веществами на замасливающих устройствах *12* и подаются транспортирующими дисками *13* и *14* в приемно-намоточное устройство, состоящее из фрикционного цилиндра *15*, бобинодержателя *16* и механизма раскладки *17*.

Формование технических нитей из расплава полимера принципиально не отличается от формования текстильных нитей. Основное отличие состоит в значительно больших расходах расплава и нагрузках на рабочие органы. Процесс получения технических нитей чаще всего осуществляется по классической схеме с последующим их вытягиванием на крутильно-вытяжных машинах. В формовочной машине для получения технической нити (корда) непрерывным способом (рис. 3.1.3, *б*) в отличие от рассмотренной машины периодического действия вместо бункерной части и плавильного устройства установлены расплавопроводы *1*, *5* и напорный блок *2*.

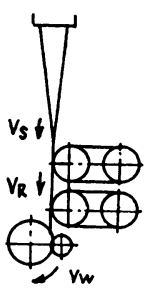
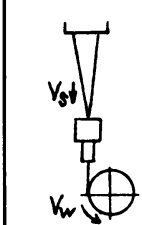
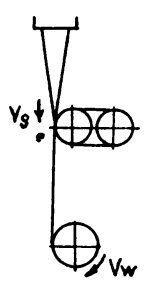
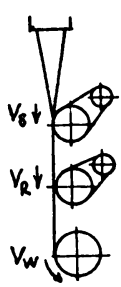
Формовочные машины для технических нитей используют также для получения тонких жгутиков при производстве химических волокон. Жгутики в этом случае наматываются в цилиндрические паковки или принимаются в контейнеры.

Производительность (кг/сутки) машины

$$Q = 0{,}0864\, v\, T\, z_1\, z_2\, K_1\, K_2,$$

где v - скорость наматывания или укладки нити, м/с; T - линейная плотность вырабатываемой нити, текс; z_1 - число нитей, вырабатываемых на одном рабочем месте; z_2 - число рабочих мест; K_1 - коэффициент полезного времени машины; K_2 - коэффициент, учитывающий количество отходов.

3.1.2. Варианты скоростного формования синтетических нитей

Наименование	Формование, вытягивание и намотка (SRW)	Скоростное формование и намотка (SSW)			Скоростное формование, вытягивание и намотка (SSRW)
Технологическая схема					
Скорость, м/мин:					
формования v_s	1000 ÷ 1500	4000 ÷ 6000			4000 ÷ 4500
после вытягивания v_p	(3 ÷ 4) v_s	-			5500
Продукция	ПП, ТхН, ТкН, ПА	ПЭТФ, ТкН	ПП, ТкН	ПА, ТкН, ПП	ПЭТФ, ТхН, КЖ, ПА, ПП

Примечание. ПП - полипропилен; ПА - полиамид; ПЭТФ - полиэтилентерефталат; ТкН - текстильная нить; ТхН - техническая нить; КЖ - ковровый жгут.

Машины для получения нитей совмещенным способом обеспечивают высокие скорости формования нити (более 50 м/с). Различные варианты скоростного формования синтетических нитей приведены в табл. 3.1.2. К преимуществам высокоскоростного формования относятся простота процесса, увеличение производительности, снижение затрат на оборудование и энергию, себестоимости продукции с учетом всей технологической цепочки, а также возможность получения новых видов синтетических нитей. Ниже приведены значения относительной себестоимости затрат для различных способов формования.

Способ формования	Классический	SRW	SSW
Себестоимость, %:			
энергозатрат	100	75	45
оборудования	100	88	50

Высокоскоростные формовочные машины содержат плавильный экструдер, фильтр, формовочный блок, обдувочную шахту, устройства для нанесения замасливателя, вытягивания, раскладки и намотки вытянутых нитей. Машины снабжены системой контроля и управления производственными процессами, а также вспомогательными системами (перезаправки нитей, съема паковок и постановки нитеносителей и др.).

Схема приемно-намоточного устройства машины фирмы Торай (Япония) приведена на рис. 3.1.4, *а*. Свежесформованная нить *1* подается устройством *2* на транспортирующие диски *3* и поступает в наматывающее устройство *5*, содержащее раскладочный механизм *6* с многокрыльчатыми раскладчиками, и бобинодержатель *7*. Частоты вращения бобинодержателя и раскладчиков регулируются компьютерным устройством по натяжению нити, измеряемому датчиком натяжения *4*. Перезаправка нити осуществляется при пониженной скорости пневмопистолетом на заправочный участок транспортирующего диска. Намоточная машина снабжена компьютерной системой управления.

В машине SDM 40/2 фирмы Бармаг (рис. 3.1.4, *б*), предназначенной для получения полипропиленовых, полиэфирных и полиамидных технических нитей, сформованные нити *2* из шахты *1* последовательно поступают в замасливающее устройство *3*, устройство *4* обрезки и аспирации, транспортирующее устройство *5*, вытяжное устройство с паровым обогревом дисков *6*. Вытянутые нити раскладываются раскладочным механизмом *7* и наматываются на цилиндрический нитеноситель *8*, установленный на револьверном барабане *9*.

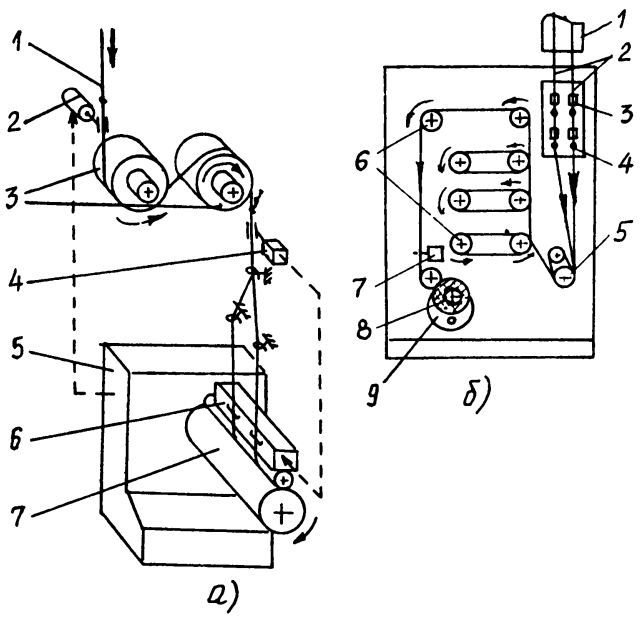


Рис. 3.1.4. Приемно-намоточная часть высокоскоростной машины:
а - фирмы Торай для производства текстильных нитей (с намоточным устройством TW 60);
б - формовочно-вытяжной SDM 40/2 для технической нити фирмы Бармаг

3.1.3. Техническая характеристика формовочных машин для получения нитей из расплавов полимеров

Показатель	МФ-600-КШ24	2039 SRW	2061 SSW	SW4SLD (Бармаг)	LFC-81 / BOC-51 (Копетекс)	МФ2-1000-КР18	АФП-1000-КЖ18	АФС-1000-КЖ18	2037 (Текстима)	М93С (Ютита)	SW4RSD (Бармаг)
Линейная плотность нити, текс	1,7÷15,6	4,4÷15	4,4÷15	1,5÷20	1,5÷6,0	93,5; 187	93,0; 187	125; 167; 250	100÷500	Технические нити	15÷200
Максимальная скорость выпуска, м/с	24	67	67	67	67	19	16,7	28	13,3÷26,7	67	67
Выполняемые операции	Ф, Н	Ф, В, Н	Ф, Н	Ф, Н	Ф, В, Н	Ф, Н	Ф, Н	Ф, В, П, Н	Ф, Н	Ф, В, Н	Ф, В, Н
Шаг рабочих мест, мм	600	700	700	400	750	1000	1000	1000	700	400	600
Масса выходной паковки, кг	3,5	6	16	5÷24	10	18	24	-	14	24	35
Число нитей на одном рабочем месте	8	4	4	4	16	2	2	2	1	1 ÷ 3	1 ÷ 4

Примечание. Ф - формование,

Н - наматывание,

В - вытягивание,

П - пневмотекстурирование.

На одном рабочем месте наматываются две нити. Машина обеспечивает скорость намотки до 5000 м/мин, производительность одного рабочего места до 2 т/сутки.

Техническая характеристика формовочных машин приведена в табл. 3.1.3.

3.1.2. КРУТИЛЬНЫЕ И ТРОСТИЛЬНО-КРУТИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Крутильные и тростильно-крутильные машины предназначены для производства однокруточных и многокруточных нитей. Однокруточные нити получают одновременным скручиванием одной или нескольких комплексных нитей или мононитей. Многокруточная нить образуется в результате двух и более следующих друг за другом процессов кручения с соответствующим сложением (трощением) нитей. Однокруточные нити получают на кольцевых, бескольцевых и тростильно-крутильных машинах.

На кольцевых крутильных машинах используется кольцевой метод кручения (рис. 3.1.5, *а*). Машины имеют питающее устройство, крутильно-мотальный механизм, нитепроводники *2*, *3*, *6* и привод. Питающее устройство состоит из двух цилиндров *4* и грузового валика *5*. Для равномерного изнашивания рабочих поверхностей цилиндров и ролика нить (с паковки *1*) в процессе работы перемещается вдоль оси цилиндров с помощью водилки. Крутильно-мотальный механизм состоит из веретена *8*, кольцевой планки

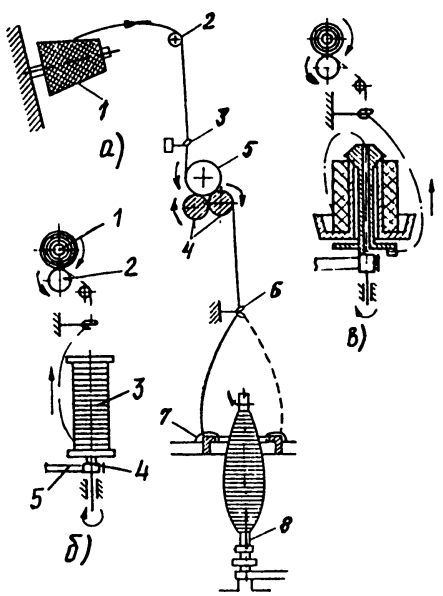


Рис. 3.1.5. Схемы крутильных машин:
а - кольцевой; *б* - крутильно-этажной; *в* - крутильной с веретенами двойного кручения

с кольцами и бегунками *7*, нитеразделителей и механизма раскладки рычажного типа с плоскими кулачками. Веретена приводятся во вращение бесконечной тесьмой или ремнем. Окружная скорость бегунка обычно не превышает 60 м/с. При большей скорости бегунка возрастают изнашивание колец, намоточное натяжение нити и ее обрывность, а бегунок нагревается до 500 °С, что ухудшает качество термопластичных нитей.

Число кручений на 1 м нити

$$K = n_б / v_н \approx n_в / v_н,$$

где $n_б$ - частота вращения бегунка; $v_н$ - линейная скорость нити; $n_в$ - частота вращения шпинделя веретена.

Намотка нити обусловлена разностью частот вращения шпинделя веретена *8* и бегунка:

$$v_н = \pi d_н (n_в - n_б),$$

где $d_н$ - диаметр тела намотки.

На крутильно-этажных машинах применяют бескольцевой метод кручения (рис. 3.1.5, *б*). Входная паковка *3*, установленная на шпинделе веретена *4*, получает вращение от бесконечного ремня *5*. Нить, сматываясь с паковки *3*, скручивается и наматывается на нитеноситель *1*, приводимый во вращение фрикционным цилиндром *2*. Наибольшее распространение получили двухэтажные крутильные машины. Каждый этаж является самостоятельной частью машины.

Механизм раскладки содержит цилиндрический кулачок, сообщающий возвратно-поступательное движение нитеводительным штангам обеих сторонок машины с периодически изменяющейся скоростью. Изменение частоты вращения кулачка раскладки обеспечивается рассеивающим устройством.

Крутильно-этажные машины унифицированного ряда имеют некоторые различия в исполнении механизмов раскладки, рассеивающих устройств, веретен, бобинодержателей и привода.

При применении на крутильной машине веретен двойного кручения (рис. 3.1.5, *в*) нить за один оборот шпинделя (диска) веретена получает два кручения.

Для кручения трощеных нитей применяют тростильно-крутильные машины (рис. 3.1.6), содержащие заправочную рамку, механизм автоматического останова, питающее устройство и крутильно-мотальный механизм. Машины позволяют сматывать нить как с неподвижных (невращающихся) входных паковок, так и с вращающихся.

С паковки *1* нить направляется в нитенатяжитель *2*, огибает заправочный пруток *3*, проходит контрольный крючок *4* механизма автоматического останова и соединяется с

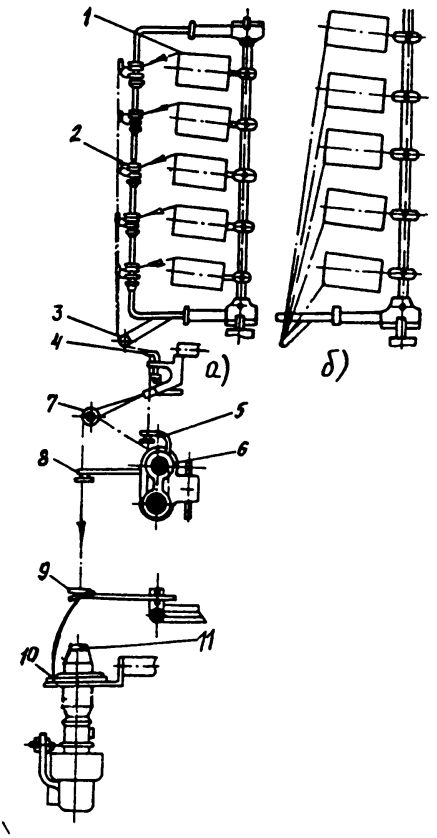


Рис. 3.1.6. Схема тростильно-крутильной машины:
а - с неподвижными входными паковками;
б - вращающиеся входные паковки

другими нитями в глазке нитенаправителя *5*. Трощеная нить охватывает несколькими витками цилиндры *6* питающего устройства, касается ролика *7* - механизма автоматического останова, проходит через глазки неподвижного *8* и подвижного *9* нитенаправителей, заправляется в бегунок *10* и наматывается на нитеноситель *11*.

При обрыве одной из строщиваемых нитей контрольный крючок *4* поворачивается относительно оси, что приводит к срабатыванию механизма останова. При обрыве трощеной нити роль контрольного крючка выполняет ролик механизма автоматического останова.

Техническая характеристика крутильных и тростильно-крутильных машин приведена в табл. 3.1.4. Многокруточные нити получают на однопроцессных крутильных машинах трех групп: 1) с веретенами кольцевого и бескольцевого кручения; 2) с веретенами двойного кручения; 3) с веретенами, работающими по крутильно-свивальному способу.

Однопроцессные машины первой группы представляют собой комбинацию крутильных машин двух типов: бескольцевой для кручения одиночных нитей и кольцевой для кручения трощеной нити. Крутильная машина этой группы (КО-228-ИМ) представлена на рис. 3.1.7. Нити, сматываясь с входных паковок *1*, получают крутку с помощью вращающихся веретен *4* и рогулек *5* (первая зона кручения), проходят глазки *2*, соединяются в нитенаправителе *3* и через направляющие прутки *6* попадают в питающее устройство *7*. Затем нить подается во вторую зону кручения, получает дополнительную крутку с помощью бегунка *10*, кольца *11* и наматывается на фланцевую катушку *8*, установленную на шпинделе *9* веретена.

3.1.4. Техническая характеристика крутильных и тростильно-крутильных машин

Параметры	КЭ-175-Шл	КЭ-250-3И	3305/1	К-136-И	ТК-250-И	ТК-160-И
Способ кручения	Бескольцевой			Кольцевой		
Частота вращения шпинделя веретена, мин$^{-1}$	10 000÷ 16 000	5000÷ 9000	4000÷ 10 000	4700÷ 6000	4000÷ 7500	4500÷ 7500
Скорость выпуска нити, м/с	0,7	1,66	2,0	0,2÷0,8	До 1,66	До 1,66
Число кручений на 1 м	400÷3100	62÷700	35÷ 2280	100÷500	30÷400	40÷640
Масса выходной паковки, кг	0,7	1,8	2,0	-	3,0	До 1,5
Число сложений	1	1	1	1	2 ÷ 4	2 ÷ 5

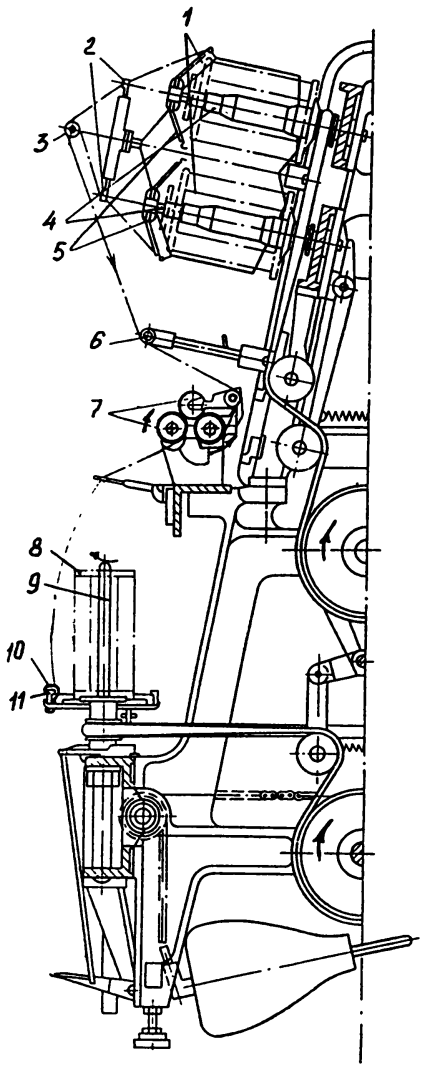


Рис. 3.1.7. Однопроцессная крутильная машина КО-228-ИМ

Машины аналогичной конструкции выпускают фирмы Рлэтт Интернэйшнэл (Великобритания) и Каулхард (США). Они удобны в обслуживании, но занимают большую площадь. Известны однопроцессные машины такого типа других иностранных фирм АРКТСО ТЕКСА, ЭСБФ-АСБТ (Франция), Юнионматекс (Германия), Леззини Марио (Италия), Элитекс (Чехословакия) и Кэкиноки (Япония), отличающиеся скоростными параметрами веретен, формой выходных паковок, количеством и расположением входных паковок (табл. 3.1.5).

Машины с веретенами двойного кручения применяют при выработке крученых нитей большой линейной плотности.

Однопроцессные машины, работающие по крутильно-свивальному способу, выполнены в виде набора автономных технологических мест (крутильных модулей), перемещающихся автоматически в зону обслуживания при обрыве или сходе любой из свиваемых стренг. Перемещение крутильных модулей осуществляется с помощью одного ведущего транспортного модуля. На каждом рабочем месте выполняются операции сматывания нитей с входных паковок с заданным натяжением, крутки каждой из стренг и сложенных вместе двух комплексных нитей, наматывания крученой нити на цилиндрический нитеноситель.

При крутильно-свивальном способе первая и вторая крутки производятся одним крутильным органом (крутильным диском). Для этого входную паковку *2* (рис. 3.1.8) устанавливают на паковкодержатель *12* в устройстве для сматывания нити (стренги). Стренга, пройдя через систему нитенаправителей, осевой канал рогульки *1*, антибаллонник *13* и щель магнитодержателя *4*, направляется к глазку крутильного диска *11*, откуда через осевой канал шпинделя веретена подается к крутильной головке *10*. Внутренняя стренга с паковки *3* заправляется в нитепроводники рогульки, затем через полый канал веретена подается также к крутильной головке. Стренги соединяются вместе, заправляются на ролики крутильной головки *10*, проходят механизм контроля *5* обрыва нити, питающее устройство *9*, направляющий пруток *6*, глазок нитеводителя *8* и наматываются на нитеноситель *7*.

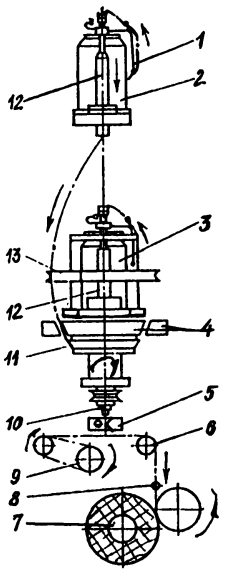


Рис. 3.1.8. Однопроцессная крутильная машина, работающая по крутильно-свивальному способу

3.1.5. Техническая характеристика одноцроцессных машин первой группы

Параметры	Марка, фирма						
	КО-228-ИМ	AR-22, АРКТ-СО ТЕКСА	T. AR, ACBF-ICBT	TBR-400	TBR-LA	Леззини Марио	КСТ, Какиноки
				Юнионматекс			
Число сложений	2	2	2	3	2	2	3
Число кручений на 1 м	500/500	700/700	1400/600	1200/500	1200/500	600/600	3400/1500
Частота вращения шпинделя веретена, мин$^{-1}$	5000/4000	12000/9500	14000/7500	9000/6900	10000/7000	10000/9000	9000/8000
Масса паковки, кг:							
входной	2	2	0,55	1,3	1,3	2	0,5
выходной	4	4	1,1	4	2	4	1,5
Скорость выпуска, м/с	0,17	1,6	1,7	2	2	2	0,7
Число веретен	240/120	104/52	120/60	144/48	192/96	240/120	168/56
Габаритные размеры, мм (длина × ширина)	15530××1252	13000××1400	14360××850	11600××1100	14000××1100	13900××960	10705××660
Мощность, кВт	28	44	21	26	15	44	18,5

Примечания. 1. Способ кручения при первой крутке бескольцевой, а при второй - кольцевой. 2. В числителе даны значения для первой крутки, а в знаменателе - для второй.

3.1.6. Техническая характеристика одноцроцессных машин второй и третьей групп

Параметры	Марка, страна					
	DT.AR-346, Франция	DT 2/3, Франция	DT, Япония	КОЭ-315	Cherpantie, Бельгия	CD500DT, Фраанция
Способ кручения при крутке:						
первый	Кольцевой	Двойной	Двойной	Свивальный		
второй		Двойной				
Число сложений	3	3	3	2	2	2
Число кручений на 1 м	2400/600	500/500	600/600	350/350	500/500	500/500
Частота вращения шпинделя веретена, мин$^{-1}$	14000/6000	6250/6250	4250/4250	5000	8000	7500
Масса паковки, кг:						
входной	2,7	7,2	4,2	3,7	4,0	5,5
выходной	2,7	7,2	4,2	7,4	8,0	11,0
Скорость выпуска, м/с	1,7	0,8	0,17	0,5	0,35	0,34
Число веретен	120/40	90/30	96	75	40	96
Габаритные размеры, мм: длина × ширина	16960 ×× 850	23000 ×× 1600	-	13130 ×× 1420	17500 ×× 1000	26115 ×× 1775
Мощность, кВт	21	100	-	29,2	22,5	35

Примечание. В числителе даны значения для первой крутки, а в знаменателе - для второй.

Машины аналогичной конструкции фирм Хэмел Дж. (Германия), Вердел СА (Франция), Черпэнти (Бельгия) различаются конструкцией натяжных устройств, положением входных и выходных паковок. Недостатком машин является неравномерность натяжения стренг, приводящая к образованию штопорности нити.

Техническая характеристика машин приведена в табл. 3.1.6. Производительность одного веретена крутильной или тростильно-крутильной машины (кг/ч)

$$Q_в = 60 \cdot 10^{-6} v_н k_у T,$$

где $v_н$ - скорость наматывания нити, м/мин; $k_у$ - коэффициент усадки нити от крутки; T - линейная плотность нити, текс.

3.1.3. КРУТИЛЬНО-ВЫТЯЖНЫЕ И НАМОТОЧНО-ВЫТЯЖНЫЕ МАШИНЫ

Крутильно-вытяжная машина предназначена для вытягивания нити, которое проводится после формования. Кратность вытягивания зависит от вида и назначения нити и достигает 4 - 5 и более. Вытягивание в классическом процессе проводится на отдельной машине и обеспечивает полимерной нити окончательную вытяжку, дополнительно к имеющейся предварительной фильерной вытяжке.

В крутильно-вытяжной машине (рис. 3.1.9) нить *3* с входной паковки *1*, установленной на шпулярнике *2*, поступает в питающее устройство. Вследствие разности окружных скоростей цилиндров *4* и *5* нить получает первую вытяжку. Между вытяжными цилиндрами *5* осуществляется вторичное вытягивание. Во второй зоне вытягивания установлен теплопластификатор *6* для равномерного нагрева нити. Вытянутая нить скручивается и наматывается на нитеноситель. В зависимости от организации технологического процесса шпулярник может быть подвесным, напольным или закрепленным над машиной. В зависимости от вида нити и технологического процесса на машине могут быть одна, две и более зон вытягивания. Число кручений 80 - 100 на 1 м длины нити.

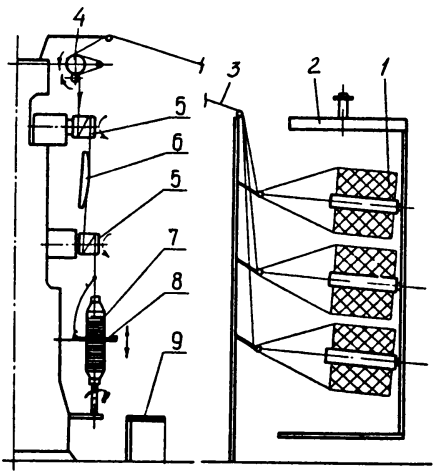


Рис. 3.1.9. Схема крутильно-вытяжной машины:
1 - входная паковка; *2* - шпулярник; *3* - нить; *4* - питающее устройство; *5* - вытяжной цилиндр; *6* - теплопластификатор; *7* - выходная паковка; *8* - кольцевая планка; *9* - подножка

В некоторых процессах для увеличения массы паковки или улучшения условий дальнейшей обработки в намотку поступает некрученая нить. В этом случае машина представляет собой намоточно-вытяжную.

Намоточно-вытяжные машины предназначены для вытягивания химических нитей и намотки их на фрикционные или бесфрикционные намоточные устройства. Техническая характеристика намоточно-вытяжных машин приведена в табл. 3.1.7.

Намоточно-вытяжная машина НВ-400-КТ24 предназначена для вытягивания обычной полиамидной и малоусадочной технической нити линейной плотности 93,5 и 187 текс и намотки на фланцевые катушки или цилиндрические нитеносители. Машина содержит шпулярник, вытяжные устройства, нагреватели, приемно-намоточные механизмы, головную передачу, манипуляторы для установки входных и съема выходных паковок, систему отсоса паров, контроля обрыва нити, эжекторную систему.

Машина имеет ряд конструктивных особенностей:

каждая из сторон является автономной: левая - для получения обычной технической нити, правая - для получения малоусадочной технической нити; приемно-намоточное устройство соответственно фрикционного и бесфрикционного типа с системой автоматического поддержания постоянства натяжения нити;

шпулярники размещены на уровне второй зоны вытяжки, что позволяет проводить заправку нити непосредственно с нулевой отметки;

левая сторона оснащена плоскими рифлеными нагревателями с переменным шагом между рифлями, правая - плоскими гладкими нагревателями;

машина оснащена обогреваемыми вытяжными и выпускными цилиндрами;

системы отсоса паров, теплоотвода, эжекторная система, контроля обрыва нити и аварийного останова способствуют поддержанию санитарных норм, техники безопасности и экологическим требованиям;

средства механизации осуществляют подачу входных паковок на поворотный шпулярник, съем, транспортировку и перегрузку выходных паковок на межцеховой транспорт.

3.1.7. Техническая характеристика намоточно-вытяжных машин

Параметры	547 Цинзер	SW8 Бармаг	J6/2a Риттер	НВ-400-КТ24	Прогноз
Производительность, кг/ч	-	376	270	270	300
Скорость выпуска нити, м/с	До 20	До 10	9	До 12	12
Число рабочих мест	144	78	59	56	56
Масса паковки, кг:					
входной	12	20	12	12	12
выходной	12	20	12	12	12
Удельная производительность, кг/м^2	-	6,9	5,5	4,5	5,5
Габаритные размеры, м (длина × ширина × высота)	15,67 × × 1,90 × × 2,65	13,12 × × 1,60 × × 2,29	12,81 × × 1,32 -	12,77 × × 2,10 × × 1,76	12,77 × × 2,10 × × 1,76
Удельный расход электроэнергии, кВт · ч/кг	-	0,25	-	0,3	0,25
Удельная масса металла в изделии, кг/(кг · ч)	-	85	-	111	85

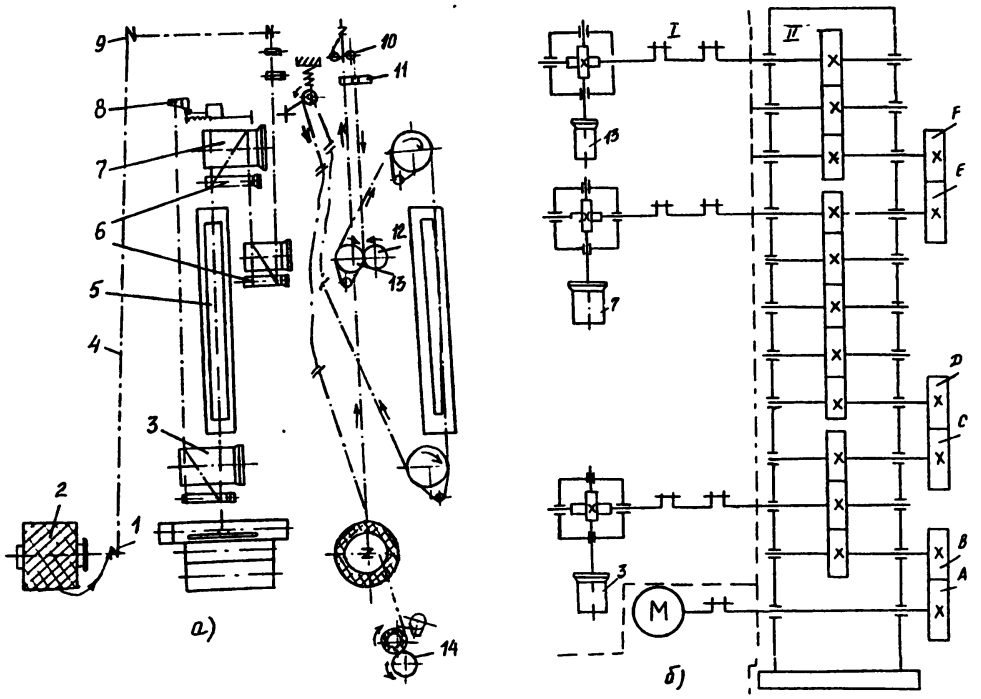


Рис. 3.1.10. Схемы намоточно-вытяжной машины НВ-400-КТ24
I - вытяжное устройство; II - головная передача

3.1.8. Характеристика сменных зубчатых колес

Колесо	Число зубьев	Интервал зубьев	Колесо	Число зубьев	Интервал зубьев
A	48 - 100	2 - 4	*D*	105 - 140	2 - 4
B	76 - 128	2 - 4	*E*	106 - 121	1 - 2
C	94 - 129	1 - 4	*F*	94 - 109	1 - 2

На рис. 3.1.10, *а* приведена схема машины НВ-400-КТ24. Нить *4*, сматываемая с входной паковки *2*, пройдя через нитенаправители *1*, *9*, огибает два тормозных прутка *10*. После щели отсекателя *11* нить поступает в питающее устройство с грузовым валиком *12*, опетливая цилиндры *13* и *6* не менее 6 раз, затем на верхнее вытяжное устройство, опетливая цилиндры *13*, *7* не менее 6 раз, откуда, касаясь плоского нагревателя *5*, поступает на нижнее вытяжное устройство, опетливая цилиндры *6*, *3*. Затем нить, огибая ролик *8* контроля натяжения и обрыва, поступает на приемно-намоточное устройство *14*. Схема заправки нити на обеих сторонах машины аналогична.

В состав головной передачи машины входят сменные зубчатые колеса *A* - *F* (рис. 3.1.10, *б*), предназначенные для изменения кратности вытяжки и скорости выпуска нити: сменой зубчатых колес *A* и *B* изменяют скорость выпуска нити, колес *C* и *D* - кратность вытяжки нити во второй зоне, колес *E* и *F* - кратность вытяжки в первой зоне. Значения чисел зубьев сменных зубчатых колес приведены в табл. 3.1.8.

Кратность вытяжки нити в первой зоне (между цилиндрами *13* и *7*)

$$\lambda_1 = \frac{v_{13}}{v_7} = \frac{\omega_{13} r_{13}}{\omega_7 r_7},$$

где v_{13}, ω_{13}, r_{13} - окружная, угловая скорости и радиус цилиндра *13*; v_7, ω_7, r_7 - то же, цилиндра *7*.

Кратность вытяжки нити во второй зоне (между цилиндрами *7* и *3*)

$$\lambda_2 = \frac{v_7}{v_3} = \frac{\omega_7 r_7}{\omega_3 r_3},$$

где v_3, ω_3, r_3 - окружная, угловая скорости и радиус цилиндра *3*.

Общая кратность вытяжки нити (между цилиндрами *13* и *3*)

$$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 = \frac{v_{13}}{v_3} = \frac{\omega_{13} r_{13}}{\omega_3 r_3}.$$

Скорость выпуска нити (м/с)

$$v_н = \omega_{13} r_{13}.$$

Производительность машины (кг/ч)

$$Q = 3600\, v_н\, T\, z\, K / 10^6,$$

где z - число рабочих мест; T - линейная плотность наматываемых нитей, текс; K - коэффициент полезного времени.

3.1.4. ТЕКСТУРИРУЮЩИЕ МАШИНЫ

Текстурирующие машины предназначены для сообщения химическим нитям значительных изгибных или сдвиговых остаточных деформаций с целью улучшения их потребительских свойств. Различают четыре группы машин: с механизмами ложного кручения; с механизмами гофрирования-прессования; с аэродинамическими устройствами; прочие ТМ (протягивание нити по лезвию ножа, разделение совместно скрученных нитей).

Наибольшее распространение получили машины с механизмами ложного кручения нити (рис. 3.1.11, *а*) и гофрирования-прессования. Нить с входной паковки *1*, установленной на шпулярнике, подается питающим механизмом *3* в первичный нагреватель *4* и оттяжную пару *6* через механизм *5* ложного кручения нити. По пути движения нити установлено несколько нитенаправителей *2*.

Оттяжным механизмом *6* нить подается в нижний нагреватель *7* для термофикации полученной деформации и далее питающим устройством *8* в намоточный механизм, состоящий из фрикционного цилиндра *9*, бобинодержателя *10*, нитераскладочного механизма *11*, где из нити формируется цилиндрическая паковка *12*. Текстурирующие машины этого класса выпускают двусторонними, с числом рабочих мест 192 или 216. Машины, текстурирующие полиамидную нить, имеют один нагреватель, полиэфирную нить - два нагревателя. Машины, оснащенные механизмами ложного кручения фрикционного типа, работают со скорость выпуска нити 600 ÷ 1200 м/мин, а машины с механизмами роторного типа имеют скорость выпуска нити 90 ÷ 120 м/мин.

Техническая характеристика машин с механизмами ложного кручения приведена в табл. 3.1.9. Текстурирующие машины, работающие по способу гофрирования, применяют в основном для получения ковровых нитей. Выпускают два типа машин: специализированные и агрегатированные, совмещающие несколько процессов.

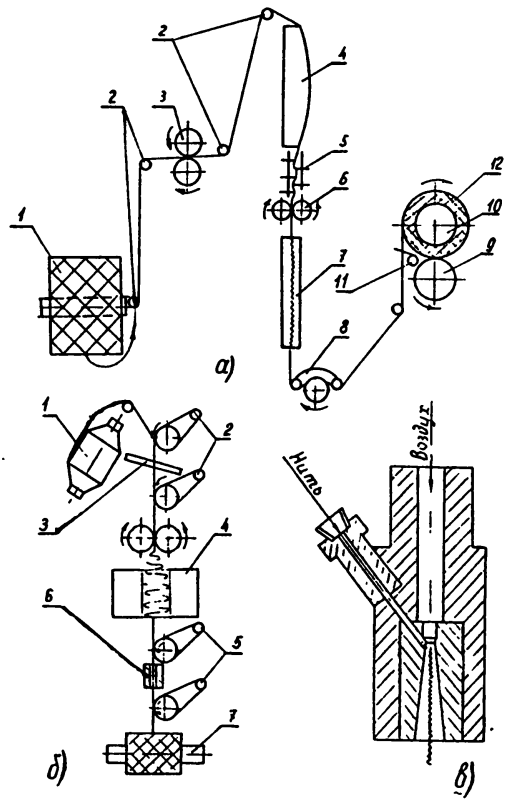


Рис. 3.1.11. Схемы машин для текстурирования

Схема машины, включающая процессы вытягивания, гофрирования и регулирования растяжимости текстурированной нити, приведена на рис. 3.1.11, *б*. Невытянутая нить с входной паковки *1* подвергается вытягиванию между двумя механизмами *2* накопления и транспортирования нити, охватывая при этом обогреваемый палец *3*, гофрируется в устройстве *4* и поступает в зону регулирования растяжимости, включающую два механизма *5* накопления и транспортирования нити с расположенным между ними нагревателем *6*. Готовая нить наматывается на цилиндрический нитеноситель *7*. К машинам, совмещающим процессы вытягивания и текстурирования методом гофрирования, относятся: ОВГ-500И, ОВГ-1000КМ; Пинлон, Кримпосет-983 (Великобритания); АВ-300, АВ-300Д (Япония); NPT, Спитекс, Пнютекс 2500, мод. 1017 (Германия). Машины Пнютекс и Спитекс могут работать в комплекте с формовочными машинами.

Машины аэродинамического способа текстурирования делят на две группы: работающие по схеме перемоточных или намоточно-вытяжных машин с введением этапа аэродинамического текстурирования и с компоновкой, аналогичной компоновке машин ложного кручения или реконструированные из последних путем дополнения их зоной аэродинамического текстурирования. Наиболее перспективными являются специализированные машины аэродинамического текстурирования, аналогичные машинам ложного кручения, или созданные на их базе машины 335-П МАС фирмы Мурата (Япония) и FK6T-80 фирмы Бармаг (Германия).

Основным рабочим органом машин аэродинамического способа текстурирования является форсунка (рис. 3.1.11, *в*).

Среди прочих типов выпускаемых текстурированных машин можно отметить машины, работающие по способу разделения совместно скрученных нитей "Турбо" (США), "Хеберляйн" (Швейцария), методом протягивания нити по лезвию ножа фирмы Диринг

3.1.9. Технические характеристики текстурирующих машин для полиамидной нити

Параметры	ТВ-1	DCS-1200A	FK6S-12	JVF-1204
Число рабочих мест	108, 216	216	216	216
Скорость нити, м/мин	300 - 800	1200	1200	1200
Энергоемкость, кВт	190	111	159	133
Длина нагревателя, м	2,0	2; 2,5	2; 2,5	2; 2,5
Габаритные размеры, м (длина × ширина)	16,5 × 5,9	16,5 × 5,4	16,5 × 5,4	19,0 × 5,4
Частота вращения приводных дисков крутильного механизма, $мин^{-1}$	4400 ÷ 12500	До 18000	До 15000	8000÷19500
Способ нагрева	Омический	Парами динила		

Миликен (США) и Хоборн (Великобритания), машины моделей 2086 и 2110.

Основные направления развития машин для текстурирования следующие:

снижение энергоемкости и металлоемкости;

улучшение шумовых характеристик;

совершенствование крутильных механизмов, аэродинамических форсунок, устройств контроля обрыва нити;

применение датчиков контроля параметров технологического процесса;

механизация процесса установки входных и снятия выходных паковок;

оснащение системами информационной связи.

3.1.5. ПЕРЕМОТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Перемоточные машины предназначены для перемотки химических нитей с паковок разных размеров и масс на конические или цилиндрические нитеносители и формирования выходных паковок заданной формы, структуры, массы или длины нити (рис. 3.1.12). Техническая характеристика перемоточных машин приведена в табл. 3.1.10.

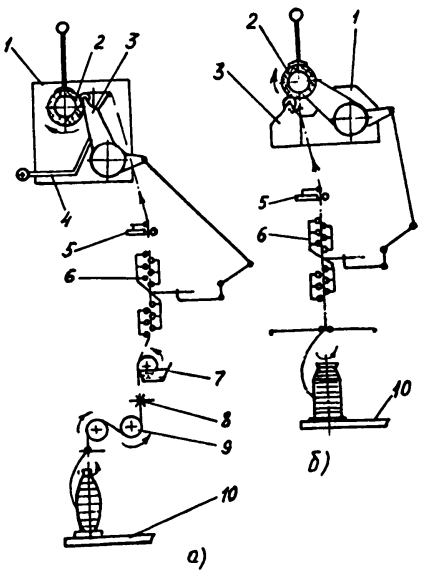


Рис. 3.1.12. Перемоточные машины:
а - для текстильных нитей; *б* - для технических и текстильных нитей: *1* - корпус мотальной головки; *2* - бобинодержатель; *3* - нитераскладчик; *4* - механизм рассеяния витков нити на торцах паковок; *5* - устройство контроля диаметра и целостности нити; *6* - гребенчатый нитенатяжитель; *7* - замасливающее устройство; *8* - шайбовый предварительный нитенатяжитель; *9* - механизм подачи нити; *10* - шпулярник

При формировании конических паковок средняя скорость (м/с) нити

$$v_н = 10^{-4}\,\pi\, d_{ср}\, n_б\, (1 + k) / 6,$$

где $d_{ср}$ - средний диаметр выходной (формируемой) паковки; $d_{ср} = 0{,}5\,(d_{min} + d_{max})$, мм; $n_б$ - частота вращения ротора бобинодержателя в момент изменения скорости; $k = 0{,}3$ - коэффициент, учитывающий увеличение скорости нити вследствие перемещения нитеводителя; d_{min}, d_{max} - диаметр соответственно на меньшем и большем торцах.

При формировании цилиндрических паковок вместо $d_{ср}$ принимают действительный диаметр паковки. Для паковок, формируемых с переменной скоростью нити, берут средний диаметр

$$d_{ср} = 0{,}5\,(d_н + d_к),$$

где $d_н$ и $d_к$ - диаметр соответственно нитеносителя и паковки.

Перематываемые нити контролируют по ее толщине и целостности. При наличии на нити утолщений или узлов последние задерживаются в контрольной щели и нить обрывается. Концы нити связываются, а узел выводится на передний торец паковки.

Совершенствование перемоточных машин направлено на повышение скорости перемотки до 25 ÷ 30 м/с, получение паковок массой до 3 кг для текстильных нитей и до 6 кг для технических нитей с одинаковой плотностью по слоям, устойчивым расположением витков нити в паковке и улучшением сохранения формы при транспортировании паковок к потребителю. Машины следует обеспечивать системами точного поддержания заданных параметров процесса перемотки и контроля за их работой.

3.1.6. РЕЗАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Резальные машины перерезают химические жгуты на короткие волокна длиной 5 ÷ 100 мм периодически с определенной частотой. Поэтому к резальным машинам предъявляют жесткие требования по равномерности хода и виброустойчивости. В конструкцию резальных машин входят устройства, выполняющие операции регулировки ножевого устройства, отвод нарезанных волокон, автоматической остановки машины при затуплении ножей и отборе проб волокон.

Резальные машины входят в состав поточных линий для производства химических волокон, работающих в непрерывном режиме. Их производительность должна быть согласована с производительностью остальных машин поточной линии. Вследствие необходимости затачивания и замены ножей в потоке устанавливают две резальные машины, одна из кото-

3.1.10. Техническая характеристика перемоточных машин

Параметры	БП-340-0	БП-260-В	ПКВ-2М	*TYPK* (Алуколор-Лонорэпид)	*TYPL* (Алуколор-Лонорэпид)	*PC-20* (Швейтер)	*Makromat* (СЭМ)
Нити	Капроновые, текстильные, текстурированные	Вискозные	Капроновые, лавсановые (технические)	Капроновые, лавсановые (текстильные)	Капроновые, лавсановые (технические)	Капроновые, лавсановые (текстильные)	Капроновые, лавсановые (технические)
Линейная плотность перематываемых нитей, текс	3,3 ÷ 20	6,7 ÷ 22,2	93,5 ÷ 187	2 ÷ 29	-	2 ÷ 29	-
Скорость перематывания нити, м/с	Переменная 8,3 ($d_{ср} \leq 100$ мм); постоянная 8,3; 10; 11,2 ($d_{ср} > 100$ мм)	Постоянная, до 8,3	Переменная, до 6,8	Переменная, постоянная, до 17	Постоянная, до 12,5	До 17	До 12,5
Начальная длина раскладки выходной паковки, мм	До 250	До 150	265	160, 210, 260	210, 260	-	260
Наибольший диаметр выходной паковки, мм	180	190	160	210	До 350	-	-
Масса выходной паковки, кг	2	3	3	2,5	10	2	10
Структура и форма выходной паковки	Крестовая прецизионная, трехконусная	Крестовая прецизионная, одноконусная	Крестовая прецизионная, цилиндрическая	Крестовая прецизионная, цилиндрическая, коническая		Крестовая прецизионная, коническая	Крестовая прецизионная, коническая, цилиндрическая
Соотношение частоты вращения тела намотки и двойных ходов нитеводителя, мин$^{-1}$	5390 / 589	1695 / 286	360 / 29	-	-	-	-
Число рабочих мест	12	16	16	10	5	12	10
Тип нитенатяжителя	Гребенчатый с планками	Шайбовый	Гребенчатый пальчиковый			Гребенчатый	
Мощность установленных электродвигателей, кВт	3	1	1,92	2,2	2,2	2,2	4
Занимаемая площадь, м^2	4,26	3,68	4,1	2,72	2,08	4,7	3,65
Масса машины, кг	1650	1300	1400	880.	670	1150	-

рых является резервной. Для синхронизации работы машины в потоке в ее приводе используются вариаторы.

Жгуты на резальные машины поступают или в сухом виде, или увлажненными водным раствором серной кислоты и другими веществами, используемыми в процессе формования. Кроме того, в материал нитей вводят двуокись титана, а на поверхность жгута наносят замасливатель, что обусловливает высокие требования к износостойкости ножей и коррозионной стойкости конструкции в целом.

Конструкции резальных машин различаются в зависимости от вида резального устройства, способа подачи жгута в зону резания (механический, гидравлический, пневматический и др.) и способа отвода неразрезанных волокон. Разрезание жгута производится при его движении или во время остановки. Длина нарезаемых волокон

$$l_в = v / (z\, n_т),$$

где z -число ножей на одной головке; $n_т$ - частота вращения ножевой головки.

На рис. 3.1.13 приведены схемы резальных машин основных типов. Машина серии РШФ (рис. 3.1.13, *а*) разрезает вращающимися ножами *5* вискозный или полиакрилонитрильный жгут *1* с широким диапазоном линейной плотности (до 600 ктекс), подаваемый питающими цилиндрами *2*. Демпфирование колебаний осуществляется с помощью подрессоренной качалки *3* и противорежущим упором *4*. Основными недостатками машины являются: быстрое изнашивание ножей, неполное прорезание жгута при нарушении контакта ножа с противорежущим упором, большая неравномерность частоты вращения ножевой головки, ускоренная коррозия деталей при резании влажного вискозного жгута.

Машина типа РШ-542-ИС предназначена для разрезания полиамидного и полиэфир-

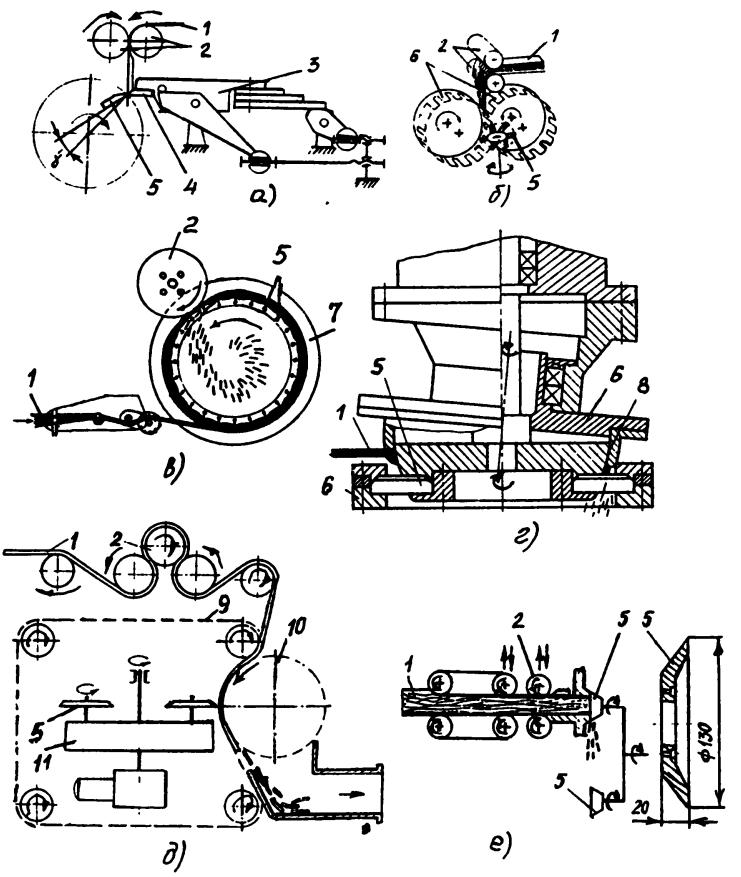


Рис. 3.1.13. Схемы резальных машин основных типов:
1 - жгут; *2* - цилиндры (ролики); *3* - качалка; *4* - упор; *5* - нож; *6* - диски; *7* - барабан; *8* - ступица; *9* - цепь; *10* - ребристое кольцо; *11* - привод

ного жгута. Фиксация и зажим жгута при разрезании проводятся двумя делительными дисками *6* (рис. 3.1.13, *б*).

Машина с ножевым барабаном *7* фирмы Луммус (США) используется в поточных линиях производства полиэфирных волокон (рис. 3.1.13, *в*). На машине осуществляется нормальное разрезание жгута лезвием с противорежущим упором в виде прижимного ролика *2*. Машина такого типа является высокоскоростной, так как отсутствует ударное воздействие ножей на жгут. Для функционирования резального устройства такого типа требуется очень высокая острота и механическая прочность лезвия ножей.

Машина NMC-1 фирмы Нойманг (Германия) режет жгут раздавливанием (рис. 3.1.13, *г*). Противорежущим упором является плоская поверхность стола. Скользящее резание жгута дисковыми ножами производится на машине RS (Чехия). Зажим жгута *1* при резании осуществляется ребристым кольцом *10* и цепью *9* (рис. 3.1.13, *д*).

В машине для нарезания коротких волокон (менее 1 мм) подача жгута *1* и его зажим при резании производятся ленточным конвейером и гидравлическим прижимным устройством (рис. 3.1.13, *е*). Для резания, как и в предыдущем случае, используются скользящие дисковые вращающиеся ножи *5*.

3.1.7. МЕХАНИЗМЫ И УСТРОЙСТВА МАШИН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ

Плавильные устройства. Эти устройства, предназначенные для расплавления полимера и перевода его из кристаллического в вязкотекучее состояние, по конструктивному исполнению классифицируют на устройства с плавильной решеткой, диском и шнеком (червяком). Устройства с плавильной решеткой могут быть самотечного типа (змеевиковые плоские, змеевиковые W-образные, ребристые, плоские) и с принудительной подачей гранул (с подающе-поддавливающим шнеком). Плавильные диски изготовляют с плоской и ребристой нагревательной поверхностью. Производительность менее 400 г · мин$^{-1}$.

Экструдеры бывают одночервячные, червячно-дисковые и двухчервячные, при этом они могут обслуживать одно формовочное место (индивидуальные) или несколько (групповые).

Основными элементами плавильных устройств с плавильными решетками являются обогреваемый корпус и плоская или пространственная спираль из трубки круглого или другого вида сечения, размещенная внутри плавильной чаши и имеющая рубашку обогрева с циркулирующим в ней теплоносителем. Наибольшее распространение получили экструдерные плавильные устройства одночервячного типа (рис. 3.1.14). Основными рабочими органами одночервячного экструдера являются шнек (червяк) *2* и гильза (корпус червяка) *4*. Шнек приводится во вращение от электродвигателя *7* через редуктор *6*. Через загрузочное отверстие воронки или патрубка *5* самотеком поступает полимер. Для охлаждения загрузочной части червяка и гильзы применяется водяное охлаждение. На остальной части гильзы установлены от трех до шести электрических нагревателей *3* с датчиками температуры. К торцу гильзы крепится головка *1* экструдера, в которой установлены датчики для измерения давления и температуры расплава. К головке крепится расплавопровод, по которому расплав подается к формовочному блоку машины. Процесс плавления полимера продолжается 90 ÷ 120 с. Окружная скорость шнека не превышает 0,5 м/с. Наиболее распространены шнеки с наружным диаметром 25, 32, 37, 45, 52, 63, 65, 82, 90, 115, 125 мм и более.

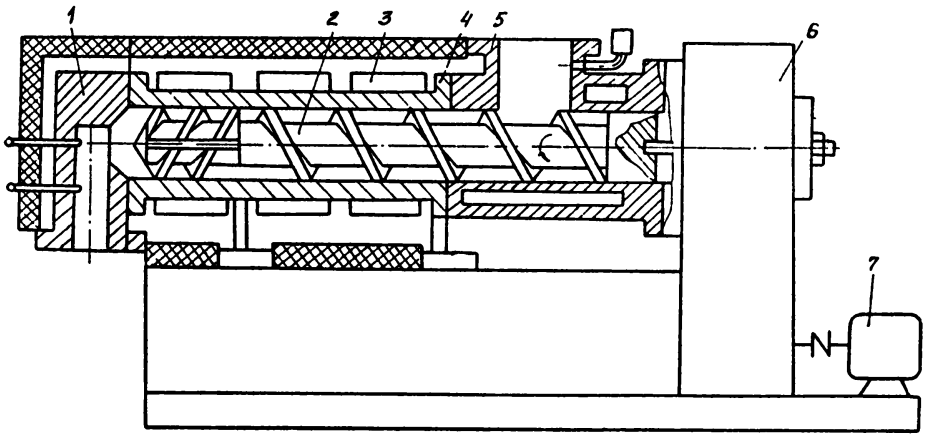


Рис. 3.1.14. Одночервячный экструдер

Процесс переработки полимера в экструдере состоит из трех стадий: транспортирование, плавление и выдавливание. Экструдер имеет три зоны, соответствующие этим стадиям. Червяк захватывает поступающий из загрузочной воронки материал, пластифицирует, гомогенизирует его и подает в головку. Перемещаясь вдоль червяка, полимер уплотняется, разогревается и расплавляется как вследствие притока теплоты от внешних нагревателей, так и выделяемой в полимере из-за вязкого трения.

В результате плавления полимера его объем уменьшается. Для обеспечения неразрывности потока винтовой канал сужают таким образом, чтобы создать на выходе из экструдера непрерывный поток расплава.

Отношение длины червяка к его диаметру $L / D = 15 \div 35$, причем длина $L = 25\ D$ считается оптимальной. Профиль винтового канала червяка и угол подъема зависят от формы и свойства перерабатываемого полимера. Оптимальный угол подъема винтовой линии канала по наружному диаметру для поликапроамида (ПКА), полиэтилентерефталата (ПЭТФ) и полипропилена (ПП) составляет 17°42′. При проектировании червяка угол подъема можно принимать 17 ÷ 20°.

При переработке полимера из ПКА, ПЭТФ, ПП длина зоны сжатия не должна превышать $(1\div5)D$. В отдельных случаях, например, при получении нитей из поливинилхлорида (ПВХ) ее длина достигает $(15\div20)D$. Длина зон транспортирования и выдавливания не больше $(10\div12)D$ каждая.

Давление расплава на выходе поддерживается регулированием частоты вращения червяка, а температура расплава - регулированием температур в зонах нагрева экструдера. Точность поддержания температуры во всех зонах ± 3 °С, температуры расплава ± 1 °С, давления ± 5 МПа. Экструдеры имеют производительность до 1200 кг/ч, обеспечивают переработку высоковязких полимеров (до 5000 Па·с), давление в головке до 40 МПа и температуру расплава до 400 °С.

Производительность и частоту вращения шнека рассчитывают по зоне дозирования длиной l.

Технологическая производительность

$$Q = 10^{-6}\, v\, T\, z_н\, z,$$

где v - скорость сформованной нити; T - линейная плотность нити; $z_н$ - число нитей, формуемых на одном рабочем месте; z - число рабочих мест, обслуживаемых одним плавильным экструдером.

Кинематическая производительность

$$Q_к = 0{,}5\,\pi^2 D^2 n \rho h \left(1-\frac{s}{t}\right) \times$$

$$\times\left(1-\frac{\delta}{h}-\frac{h^2(p_2-p_1)\operatorname{tg}\alpha}{6\pi D n \eta l}\right)\sin\alpha\cos\alpha,$$

где n - частота вращения шнека; $n = \frac{1}{4}\left[(Q + \right.$

$\left. +\left(\frac{\beta+\gamma}{\eta}\right)\frac{p_2-p_1}{l}\right]$; $\varphi = 0{,}5\pi^2 D^2 h \sin\alpha\cos\alpha$;

$\beta = \frac{\pi D h^3 \sin\alpha}{12}$; $\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta \operatorname{tg}\alpha}{12 s}$; D, l - наружный диаметр и длина зоны дозирования; h - глубина канала; α - угол подъема винтовой линии червяка; t - шаг нарезки канала; ρ - плотность расплава; S - ширина гребня витка; p_2 - давление расплава на выходе из экструдера; p_1 - давление расплава на входе в зону дозирования; δ - радиальный зазор между корпусом (гильзой) и червяком; η - динамическая вязкость расплава.

При $\alpha = 17°\ 42'$ $t = D$.

Максимально развиваемое давление в головке экструдера

$$p_{max} = \frac{\pi D L n}{h^2 \operatorname{tg}\alpha}\eta.$$

Техническая характеристика одночервячных экструдеров приведена в табл. 3.1.11.

Мощность, расходуемая одним экструдером,

$$N = q_{уд}\, Q,$$

где $q_{уд}$ - удельный расход энергии; для ПКА $q_{уд}$ = 0,22 кВт·ч/кг; для ПЭТФ $q_{уд}$ = = 0,175 кВт ·ч/кг; для ПП $q_{уд}$ = 0,25 кВт·ч/кг.

Для повышения гомогенности расплава применяют динамические и статические смесители. Динамические - в виде насадок, устанавливаемых на червяке, в которых происходит дополнительное интенсивное перемешивание расплава. Статические смесители устанавливают в расплавопроводах.

Наряду с одночервячными экструдерами для переработки полимерных отходов, наполненных полимеров, смесей несовместимых полимеров используют червячно-дисковые экструдеры, отличительной особенностью которых является наличие относительно короткого червяка, выполняющего функцию транспортера, и диска, в котором осуществляется плавление полимера.

3.1.11. Техническая характеристика одночервячных экструдеров

Параметры	ЭЧ-20Г	ЭЧ-32	ЭЧ-45	ЭЧ-63	ЭЧ-90К	ЭЧ-125П	ЭЧ-160К	Фирмы Бармаг
Производительность по ПКА, кг/ч, не менее	3,5	12,0	35,0	72,0	220,0	260,0	650	600
Диаметр червяка, мм	20,0	32,0	45,0	63,0	90,0	125,0	160,0	150,0
Отношение длины рабочей части червяка к диаметру, не более	25 : 1	25 : 1	25 : 1	25 : 1	25 : 1	25 : 1	25 : 1	25 : 1
Частота вращения червяка, $мин^{-1}$	140	140	80	80	100	90	70	90
Мощность электродвигателя, кВт, не более	2,1	3,8	10	17	32	90	118	100
Число зон обогрева корпуса червяка	3	3	3	3	4	5	5	6
Установленная мощность обогрева, кВт, не более	4	6,5	8	10	35	63	100	75,4
Габаритные размеры, мм (длина× ×ширина× высота)	2000× ×300× ×860	2310× ×500× ×685	2885× ×525× ×1132	4165× ×510× ×1190	3790× ×1543× ×1345	5280× ×1430× ×1280	6330× ×1800× ×1500	5400× ×1800× ×1500
Масса, кг	400	480	770	1520	1900	3800	7200	7700

Дозирующие насосы. Они предназначены для непрерывной равномерной подачи формовочного раствора или расплава к отдельной фильере формовочной машины. К дозирующим насосам предъявляют следующие требования: обеспечение заданной подачи; постоянство подачи во времени независимо от изменения давления раствора или расплава перед насосом и после него; полная герметичность при рабочем давлении 10 ÷ 15 МПа, а в некоторых случаях до 100 МПа; сохранение заданной геометрической формы деталей насоса в процессе работы при температуре до 300 °С и при многократном обжиге при температуре 400 ÷ 450 °С; инертность материала насоса по отношению к дозируемому полимеру; обеспечение длительной работы насоса в абразивной среде при температуре около 300 °С; простота конструкции и малые габаритные размеры.

При производстве химических нитей в качестве дозирующих насосов применяют исключительно шестеренные насосы с эвольвентным профилем, внешним зацеплением и, как правило, с одинаковым числом зубьев. Модуль зуба $m = 1 \div 3,5$ мм, причем меньшее значение у насосов с меньшей подачей.

Шестеренный дозирующий насос, применяемый при формировании нитей из расплавов полимеров, показан на рис. 3.1.15, *а*, а из растворов полимеров - на рис. 3.1.15, *б*.

Шестеренные дозирующие насосы классифицируют:

по назначению - дозирующие, подающие к фильерам формовочные растворы и расплавы; напорные, поддерживающие постоянное давление формуемого полимера; перекачивающие, транспортирующие растворы и расплавы полимеров, красители и другие материалы в установках для производства химических нитей;

по конструктивным признакам - однопоточные, имеющие одно выходное отверстие для подачи полимера к фильере, многопоточные, имеющие два выходных отверстия и более для подачи полимера соответственно к двум фильерам и более (рис. 3.1.16), односекционные, состоящие из одной секции и имеющие одно или несколько выходных отверстий; многосекционные, состоящие из

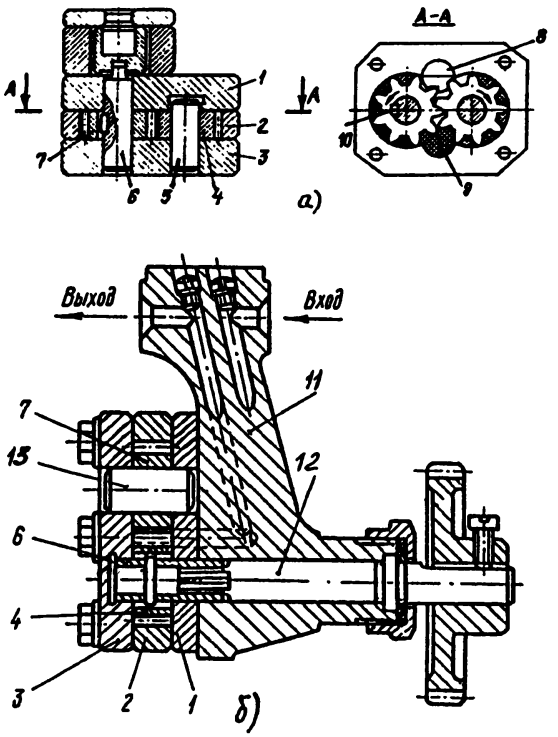


Рис. 3.1.15. Однопоточные шестеренные дозирующие насосы:
1 - 3 - пластины; *4, 7* - зубчатая пара; *5, 13* - оси; *6, 12* - валы; *8, 9* - отверстия; *10* - шпонка; *11* - корпус

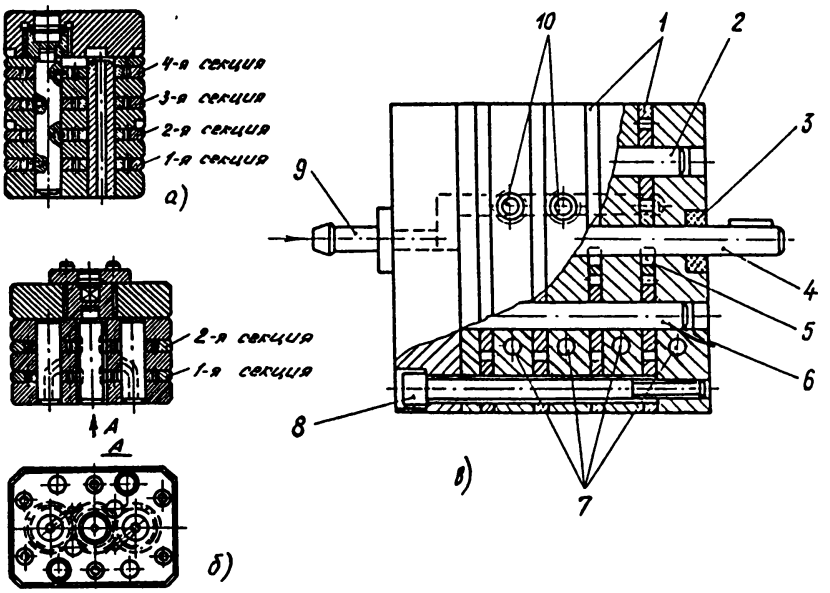


Рис. 3.1.16. Многопоточные шестеренные дозирующие насосы:
а - четырехпоточный четырехсекционный; *б* - четырехпоточный двухсекционный;
в - восьмипоточный для замасливателя;
1 - пластина для шестерен; *2* и *6* - оси; *3* - уплотнение вала; *4* - вал; *5* - шпонка;
7 и *10* - отверстия выхода замасливателя; *8* - винт; *9* - штуцер подвода замасливателя

нескольких секций и имеющие (как минимум) число выходных отверстий, равное числу секций;

по виду перекачиваемой массы - для дозирования расплавов, растворов, замасливателя;

по виду вырабатываемой нити или волокна - для формования нитей текстильного ассортимента, технического назначения, волокон.

При производстве нитей из растворов полимеров применяют, как правило, одпоточные дозирующие насосы. При производстве химических нитей и волокон из расплавов получили широкое распространение многопоточные многосекционные дозирующие насосы, обеспечивающие формование 2, 4, 8, а в некоторых случаях и 24 нитей.

Основные параметры шестеренных насосов, применяемых для дозирования формовочных расплавов и растворов, приведены в табл. 3.1.12, а текстильно-вспомогательных веществ - в табл. 3.1.13.

3.1.12. Основные параметры насосов для дозирования растворов и расплавов полимеров

Марка насоса	Дозируемая жидкость			Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	Динамическая вязкость, Па · с	Температура, °С	Давление в камере нагнетания, МПа		
11НШ-0,3И1	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	116×48×110	1,4
17НШ-0,3ПУ	150 ÷ 250	20 ÷ 50	6	105×70×123	2,4
33НШ-0,3×2К	150 ÷ 750	320	50	64×70×82	2,2
54НШ-0,3×4К	150 ÷ 250	320	50	64×70×98	2,8
55НШ-0,3×4К	150 ÷ 750	320	50	95×78×86	4,1
11НШ-0,6И4	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	120×48×110	1,5
11НШ-0,6ИС	40 ÷ 60	40	1	120×48×110	1,5
21НШ-0,6К4	150 ÷ 250	260 ÷ 290	15	64×70×64	1,3
17НШ-0,6ПУ	150 ÷ 250	20 ÷ 50	6	105×70×124	2,4
НШ-0,6×2И	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	140×46×110	2,25
33НШ-0,6×2К	150 ÷ 750	320	50	64×70×83	2,25
54НШ-0,6×4К	150 ÷ 250	320	50	64×70×95	2,8
55НШ-0,6×4К	150 ÷ 750	320	50	95×78×87	4,2
32НШ-0,8×2Л	200 ÷ 700	260 ÷ 300	15	110×68×130	4,4
4НШ-0,8К3	150 ÷ 250	260 ÷ 280	15	64×70×78	1,9
21НШ-1,2К4	150 ÷ 250	260 ÷ 280	15	64×70×69	1,4
17НШ-1,2ПУ	150 ÷ 250	20 ÷ 50	6	105×70×129	2,5
33НШ-1,2×2К	150 ÷ 750	320	50	64×70×92	2,6
54НШ-1,2×4К	150 ÷ 250	320	40	64×70×114	3,1
55НШ-1,2×4К	150 ÷ 750	320	50	95×78×96	4,6
11НШ-1,8А4	50 ÷ 100	55 ÷ 80	40	129×55×120	2,3
21НШ-2К4	150 ÷ 250	260 ÷ 280	15	64×70×75	1,6
11НШ-2,4А	50 ÷ 100	55 ÷ 80	10	158×55×112	2,5
21НШ-2,4К3	150 ÷ 250	260 ÷ 280	15	64×70×78	1,75
33НШ-2,4×2К	150 ÷ 750	320	50	64×70×104	2,85
55НШ-2,4×4К	150 ÷ 750	320	40	95×78×110	5,3
11НШ-3И5	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	136×52×122	2,2
11НШ-3ИС	40 ÷ 60	40	1	136×52×122	2,8
22НШ-3Л	200 ÷ 700	260 ÷ 300	15	64×70×81	2,3
26НШ-5К	200 ÷ 700	320	40	127×102×106	6,4
31НШ-5×2К	200 ÷ 350	260 ÷ 280	15	122×80×112	5,2

Продолжение табл. 3.1.12

Марка насоса	Дозируемая жидкость			Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	Динамическая вязкость, Па · с	Температура, °С	Давление в камере нагнетания, МПа		
11НШ-6И4	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	156×72×155	4,7
12НШ-6И3	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	122×110×129	4,7
11НШ-1,8ПУ	150 ÷ 250	20 ÷ 50	6	105×70×132	2,6
21НШ-10К6	200 ÷ 350	260 ÷ 280	15	122×80×88	3,7
23НШ-10Л	200 ÷ 700	260 ÷ 300	15	127×98×115	6,0
26НШ-10К	200 ÷ 700	320	40	127×102×113,5	7,3
31НШ-10×2К	200 ÷ 350	260 ÷ 280	15	122×80×130	6,4
11НШ-12И2	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	185×105×135	6,5
21НШ-20К6	200 ÷ 350	260 ÷ 280	15	122×80×104	4,7
11НШ-20И1	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	185×78×187	6,3
23НШ-20Л	200 ÷ 700	260 ÷ 300	15	127×98×130	7,1
26НШ-20К	200 ÷ 700	320	40	127×102×127,5	8,2
11НШ-25И2	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	200×136×142	10,3
21НШ-30К1	200 ÷ 350	260 ÷ 280	6	152×96×114	7,8
23НШ-30Л	200 ÷ 700	260 ÷ 300	15	152×96×152	8,3
13НШ-40И1	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	250×195×310	27
21НШ-45К1	150 ÷ 350	260 ÷ 280	6	152×96×126	9,2
23НШ-45Л	200 ÷ 700	260 ÷ 300	15	152×96×165	9,5
14НШ-75И2	5 ÷ 15	20 ÷ 40	1	312,5×168×370	42,5
15НШ-75НИ	2 ÷ 60	20 ÷ 40	4	260×214×210	36,5
21НШ-75К4	150 ÷ 350	260 ÷ 280	6	260×158×165	30
НШ-76К	-	260 ÷ 280	6	200×133×174	22
НШ-150НИ4	2 ÷ 60	20 ÷ 40	4	260×158×300	46
16НШ-150НИ3	2 ÷ 60	20 ÷ 40	4	260×158×220	42
21НШ-150К4	150 ÷ 350	260 ÷ 280	6	260×158×200	39
21НШ-250К1	150 ÷ 350	260 ÷ 280	6	260×158×202	39,5

3.1.13. Основные параметры насосов для дозирования текстильно-вспомогательных веществ

Марка насоса	Номинальная подача, см³/об	Высота напора, мм	Отклонение фактической подачи от номинальной, %	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
71НШ-0,06×6	0,0585×6	500	2,6	64×41×127	1,46
72НШ-0,06×8	0,0585×8	500	2,6	64×41×141	1,70
72НШ-0,2×8	0,216×8	500	2,3	96×62×145	4,10

Технологическая подача шестеренного дозирующего насоса, см³/мин,

$$Q = \frac{100 v T K_1 K_2 K_3 K_4 K_5}{C \rho K_6},$$

где v - скорость нити, м/мин; T - линейная плотность нити при кондиционной влажности, текс; K_1 - коэффициент, учитывающий кондиционную влажность готовой нити; K_2 - коэффициент, учитывающий усадку нити в процессе формования; K_3 - коэффициент, учиты-

вающий проскальзывание нити на транспортирующих цилиндрах в процессе формования; K_4 - коэффициент, учитывающий количество содержащегося на формуемой нити замасливателя; K_5 - коэффициент, учитывающий усадку нити при последующих технологических операциях; K_6 - коэффициент, учитывающий количество удаленных при отделке нити низкомолекулярных соединений (2 + 3 % массы полимера); C - содержание полимера в формуемом растворе или расплаве, %; ρ - плотность формовочного раствора или расплава, кг/м^3.

Кинематическая подача (см^3/об) насоса с нормальным боковым зазором (более 0,08 m) дозирующих шестерен

$$Q = 2\pi b\left[r_a^2 - r^2 - \frac{P_\alpha^2}{3}\left(\frac{a}{\cos\alpha} - P_\alpha\right)\frac{a}{\cos\alpha}\right],$$

где $b = (6 + 12)\ m$ - ширина зубчатого венца, см; r_a - радиус окружности вершин зубьев, см; r - радиус начальной окружности, см; P_α - основной окружной шаг, см; a - расстояние от линии центров шестерен до разгрузочного паза, см; $\alpha = 20°$ - угол давления в точке профиля на начальной окружности (угол зацепления).

Подача, см^3/мин,

$$Q_1 = Q\,n,$$

где $n = 10 + 40$ мин$^{-1}$ - рекомендуемая частота вращения дозирующих шестерен.

При беззазорном зацеплении (менее 0,08m) подача насоса

$$Q = 2\pi b\left[r_a^2 - r^2 - \frac{P_\alpha^2}{12}\left(\frac{a}{\cos\alpha} - \frac{P_\alpha}{2}\right)\frac{a}{\cos\alpha}\right].$$

Оптимальное значение $a = \frac{P_\alpha}{2}\cos\alpha$ и $\frac{P_\alpha}{4}\cos\alpha$ для зацепления соответственно с нормальным боковым зазором и беззазорного зацепления.

Оптимальная подача дозирующего насоса:

с нормальным боковым зазором

$$Q = 2\pi b\left(r_a^2 - r^2 - \frac{P_\alpha^2}{12}\right);$$

при беззазорном зацеплении

$$Q = 2\pi b\left(r_a^2 - r^2 - \frac{P_\alpha^2}{48}\right).$$

Коэффициент пульсации потока дозирующего насоса

$$\delta = \frac{\pi^2\varepsilon^2\cos^2\alpha}{4(z \pm 1)}100,$$

где $\varepsilon = 1{,}3 + 1{,}8$ - коэффициент перекрытия зубчатого зацепления; $z = 20 + 30$ - число зубьев ведущей дозирующей шестерни.

Неравномерность подачи $E = 0{,}8 + 5$ %, или относительное изменение подачи, вызываемое изменением рабочего давления насоса, определяют при контрольных испытаниях насоса на испытательном стенде по результатам нескольких измерений:

$$E = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max}}100,$$

где Q_{max} и Q_{min} - подача соответственно при минимальном и максимальном рабочем давлении.

Неравномерность подачи E и подача Q, определяемые при строго заданных рабочих давлениях, характеризуют качество насоса и регламентируются техническими условиями (ОСТ 27-20-815-86).

Надежность работы дозирующего насоса зависит от его конструктивного исполнения, точности изготовления, а также износостойкости, жаропрочности и коррозионной стойкости материалов основных деталей. Как правило, насосы для дозирования расплавов полимеров изготовляют из сталей Р12Ф3 и Х12М, а насосы для дозирования растворов полимеров только - из стали 95Х18.

Перед установкой на формовочную машину каждый насос подвергают контрольным стендовым испытаниям. В качестве испытательной жидкости применяют минеральные масла различной вязкости или силиконовые жидкости. При испытаниях определяют подачу насоса Q (в см^3 за один оборот или за данное число оборотов), неравномерность подачи E (в %) и герметичность соединения деталей при заданных значениях давления.

Фильтровальные устройства для формовочных растворов и расплавов. Фильтровальное устройство, устанавливаемое перед фильерой, предназначено для окончательной очистки формовочного раствора или расплава от нерастворимых или нерасплавленных частиц.

Для фильтрации формовочных растворов применяют фильтр-пальцы с тканевым фильтровальным материалом, состоящим из двух слоев батистовой ткани и одного слоя ваты между ними или из нескольких слоев сванбоя и шифона (рис. 3.1.17, *а*). Площадь фильтрующей поверхности фильтр-пальца 0,0025 +

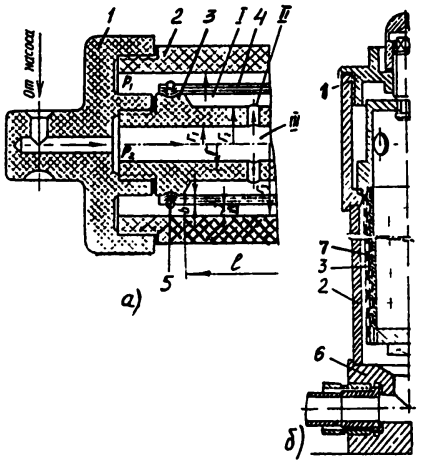


Рис. 3.1.17. Фильтровальные устройства для формовочных растворов:
а - фильтр-палец;
б - фильтр-палец стационарного типа;
1 - головка; *2* - корпус; *3* - палец; *4* - фильтровальный материал; *5* - шнур; *6* - стойка; *7* - металлическая сетка; *I* - продольный паз; *II* - радиальное отверстие; *III* - центральное отверстие

0,06 м^2, а давление формовочного раствора внутри пальца 0,5 ÷ 1,6 МПа. Основные детали фильтр-пальца для очистки низковязких формовочных растворов изготовляют из эбонита, карболита, твердого винипласта и других полимерных материалов, устойчивых к щелочной среде, а при фильтрации высоковязких растворов - из фосфористой бронзы БрОФ10-1 или коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т.

При проектировании длину перфорированного и ребристого участка пальца, обматываемого фильтровальным материалом, определяют по формуле

$$l = \frac{Q\rho}{\pi q_1 d_п},$$

где Q - объемная производительность фильтр-пальца; ρ - плотность формовочного раствора; $d_п$ = 25 ÷ 35 мм - наружный диаметр пальца; q_1 = 0,07 кг/(м^2·с) - удельная производительность фильтрующего материала.

Диаметр центрального осевого отверстия *III* пальца $2r_1$ = 8 ÷ 10 мм при фильтрации низковязких растворов (вискоза) и $2r_1$ = 10 ÷ 12 мм при фильтрации высоковязких растворов (ацетат, хлорин).

Толщина стенки пальца (без учета высоты ребер и при течении раствора изнутри пальца)

$$\delta_1 = r_1\left(\sqrt{\frac{\sigma + p_2}{\sigma - p_2 + 2p_1}} - 1\right);$$

толщина стенки корпуса фильтровального устройства

$$\delta_2 = r_3\left(\sqrt{\frac{\sigma + p_1}{\sigma - p_1}} - 1\right),$$

где σ - допускаемое напряжение на растяжение материала пальца или корпуса; p_1 = 0,4 ÷ 0,7 и 1,1 ÷ 1,6 МПа - давление формовочного раствора (низковязкого и высоковязкого) внутри корпуса; p_2 = 0,6 ÷ 1,2 и 1,5 ÷ 2 МПа - то же, внутри пальца; $r_3 = r_1 + h + b + \Delta$ - радиус внутреннего отверстия корпуса; h = 3 ÷ 5 мм - высота продольного или кольцевого ребра; b = 1,5 ÷ 3,5 мм - толщина слоя фильтрующего материала; Δ = 3 ÷ 5 мм - радиальный зазор между корпусом и наружной поверхностью фильтрующего слоя.

В стационарном фильтр-пальце с фильтрацией внутрь (рис. 3.1.17, *б*) фильтровальный слой состоит из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани и металлической сетки. На корпусе фильтр-пальца смонтированы манометры, показывающие давление раствора внутри корпуса и внутри пальца. При перепаде давления в этих пространствах более 0,8 МПа палец заменяют другим с чистым фильтрующим материалом.

Корпус *3* фильтровального устройства для расплава располагается в формовочной головке *5* непосредственно перед фильерой *8* (рис. 3.1.18, *а*), на которую опирается решетка *7*, набор металлических сеток *6*, слой кварцевого песка *4*, слой стекловаты *2* и уплотнительное кольцо *1*. Сетки изготовлены из никелевой или стальной коррозионно-стойкой проволоки с числом отверстий (на 1 см^2) 2500, 16 000, 20 000. Размер зерен песка *4* уменьшается по течению расплава от 1 до 0,2 мм. Масса песка обычно 20 ÷ 30 г, а в некоторых устройствах достигает 400 г.

Применяют также устройства с фильтрующим слоем, состоящим только из металлических сеток *6* (40 ÷ 60) с увеличивающимся по движению расплава числом отверстий (на 1 см^2) 2500 - 20 000 (рис. 3.1.18, *б*).

При использовании высокопроизводительных плавильных экструдеров эффективна централизованная система фильтрации расплава перед формовочным блоком. Фильтровальное устройство состоит из двух фильтров *9*, один из которых резервный (рис. 3.1.18, *в*). Неочищенный расплав подается внутрь пальца, а отфильтрованный через патрубок поступает в формовочный блок. В качестве фильтрующего материала используются 10 — 15-слойные сетки, нетканый материал из металлической проволоки, пористые металлические пластины. Объемная производительность фильтровального устройства

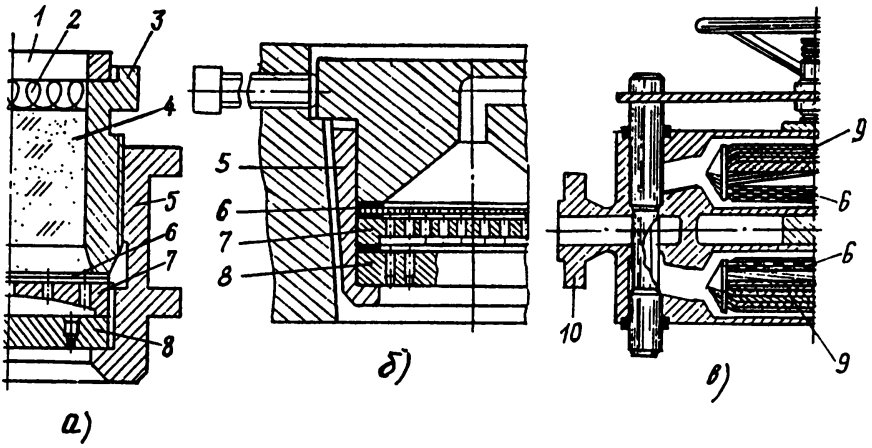


Рис. 3.1.18. Фильтровальные устройства для формовочных расплавов:
а - для расплавов полимеров; *б* - фильерная головка с набором фильтровальных сеток;
в - для централизованной фильтрации;
1 - уплотнительное кольцо; *2* - стекловата; *3* - корпус фильтровального устройства; *4* - песок;
5 - фильерная головка; *6* - металлические сетки; *7* - разделительная решетка; *8* - фильера; *9* - фильтр;
10 - выходной патрубок

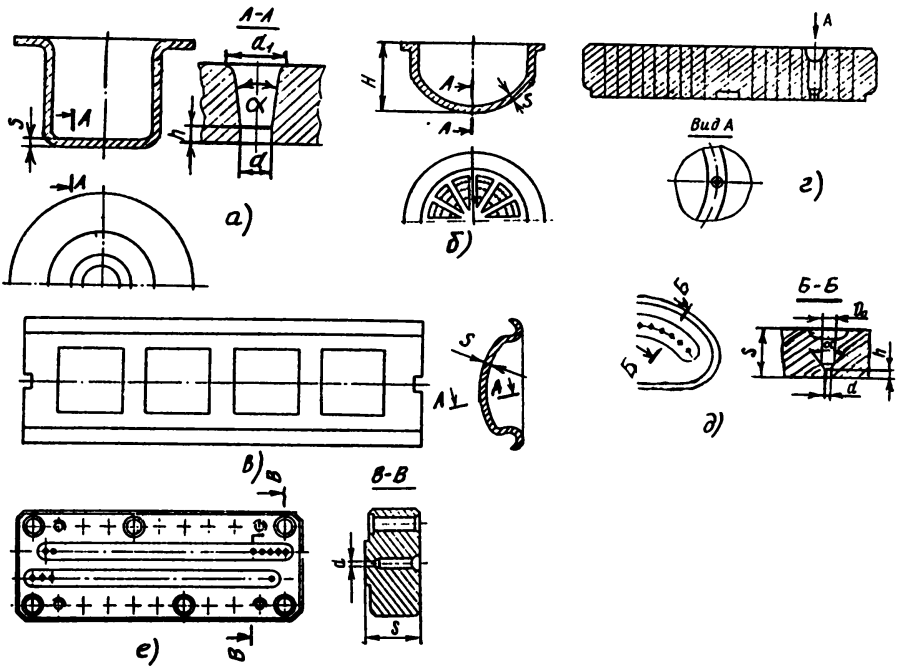


Рис. 3.1.19. Фильеры для формования химических нитей:
а - чашеобразная; *б* - сферическая; *в* - пластинчатая; *г* - круглая; *д* - сегментная; *е* - прямоугольная

$$Q = Q_1 n,$$

где Q_1 - производительность одного рабочего места; n - число фильер в секции или на машине.

Фильеры. Они предназначены для разделения общего потока формовочного раствора или расплава на отдельные струйки и придания последним в поперечных сечениях определенного профиля (рис. 3.1.19). Фильеры

делят на две группы: 1) для формования нитей из растворов полимеров (рис. 3.1.19, *а* - *в*); 2) для формования нитей из расплавов полимеров (рис. 3.1.19, *г* - *е*). Фильеры первой группы изготовляют трех форм: чашеобразные (ФЧ), сферические (ФСФ) и пластинчатые (ФП). Фильеры второй группы изготовляют из пластин четырех форм: круглые, сегментные, овальные и прямоугольные. ФЧ и ФСФ состоят из трех элементов: буртика, стакана и дна. В дне фильеры имеются сквозные отверстия для транспортирования формовочного раствора, причем каждое отверстие состоит из входной части (конической или сферической формы) и капилляра цилиндрической формы. Число капилляров в одной фильере зависит от вида вырабатываемой нити.

Вырабатываемый товар	Число капилляров в одной фильере
Мононить (леска, лента)	1
Текстильная нить	10 - 300
Техническая нить	100 - 3000
Волокно	4800 - 160 000 и более

Диаметр капилляра в ФЧ, ФСФ и ФП d = 0,04 ÷ 0,125 мм, а в фильере для расплава d = 0,8 ÷ 1,2 мм. Толщина стенок всех элементов ФЧ, ФСФ и ФП s = 0,25 ÷ 1 мм, а толщина плоских фильер для расплава s = 5 ÷ 25 мм. Длина h капилляра у большинства фильер равна его диаметру d. Входное отверстие необходимо для снижения перепада давления формовочного раствора или расплава на входе в капилляр и для стабилизации потока жидкости.

Угол конуса входной части в фильерах из мягких драгоценных металлов α = 25 ÷ 30°, а в пластинчатых стальных фильерах α = 25 ÷ 70°. У ФЧ и ФСФ оптимальным является угол α = = 60 ÷ 75°, а у ФП α = 90°. У фильер для расплавов входная часть имеет форму цилиндра диаметром D_0 в 10 - 25 раз больше диаметра капилляра.

При проектировании фильер диаметр цилиндрического капилляра

$$d = 2\sqrt{\frac{T_1 \lambda}{\pi \rho_1}},$$

где T_1 - линейная плотность одиночной (филоментной) нити; λ - кратность вытягивания нити; λ = 1,1 ÷ 1,3 при формовании нити из растворов по мокрому способу; λ = 2 ÷ 3 при формовании нити по сухому способу; λ = 2 ÷ 10 при формовании нити из расплавов; λ = = 150 ÷ 200 при формовании ацетатных и медно-аммиачных нитей; ρ_1 - плотность одиночной нити.

Число капилляров при формовании комплексной нити плотности T

$$k = T / T_1.$$

Шаг между осями соседних капилляров ФЧ, ФСФ и ФП t = 0,4 ÷ 3,5 мм, причем большее значение t берут при k < 50 и формовании комплексной нити из высоковязких растворов. У всех фильер $t \geq 2d_1$ и больше $0{,}8s$ (где d_1 - максимальный диаметр заходного отверстия; s - толщина дна фильеры).

Минимальный радиус дна ФЧ и ФСФ при шахматном расположении капилляров

$$r = \sqrt{\frac{0{,}87 T t^2}{\pi T_1} + \Delta^2} + \Delta,$$

где Δ = 1 ÷ 5 мм - ширина зоны сопряжения дна со стаканом (зона, свободная от капилляров).

Номинальная толщина s стенки ФЧ и ФСФ составляет не менее $3d$, а расчетная толщина

$$s = pr\left(\frac{r}{4\rho_2} - 1\right)\Big/\sigma,$$

где p - давление формовочного раствора на входе в отверстия фильеры; $p = \dfrac{8Q l_1 \eta}{\pi k r_1^4} + \rho g H$;

$Q = \dfrac{100 T \nu K_1 K_2 K_3}{\rho \alpha}$; T - линейная плотность формуемой нити; ν - скорость наматывания сформованной нити; K_1 = 0,88 - коэффициент, учитывающий влажность вискозной нити; K_2 = 0,98 - коэффициент, учитывающий проскальзывание нити по транспортирующим дискам; K_3 = 0,90 - коэффициент, учитывающий усадку формуемой нити; α = 7,8 % - содержание целлюлозы в формовочном растворе; Q - расход формовочного раствора на одну фильеру; ρ - плотность формовочного раствора; g - ускорение свободного падения; $l_1 = d$ - длина капилляра; H - заглубление фильеры в осадительном растворе; $r_1 = d / 2$ - радиус капилляра; η = 4 ÷ 12 Па · с - динамическая вязкость формовочного раствора (вискозы); $\rho_2 \geq 2$ мм - радиус сопряжения срединных поверхностей дна и стакана; σ - допускаемое напряжение изгиба материала фильеры.

ФЧ и ФСФ изготовляют из сплавов золота, платины, палладия, иридия, ФП - из чистого тантала или никеля. Фильеры для формования ацетатных и триацетатных нитей изготовляют из стали 12Х18Н9Т.

У фильер для расплавов шаг t = 4 ÷ 15 мм, но наиболее часто применяют шаг t = = 5 ÷ 10 мм. У круглых фильерных пластин капилляры располагают на равноудаленных концентрических окружностях с числом по окружности (капилляров максимального диаметра) не более 60. Минимальное расстояние между соседними концентрическими окружностями равно шагу t. Если $k \le 25$, то все капилляры располагаются по одной окружности диаметра $D = k\,t / \pi$. При поперечной обдувке струек расплава в охлаждающей шахте минимальный диаметр концентрической окружности D = 14 мм, а при радиальной обдувке

$$D_{min} = D_т + 2t,$$

где $D_т$ - наружный диаметр перфорированной трубы, используемой для подвода охлаждающего кондиционированного воздуха.

Наружный диаметр круглых фильерных пластин $26{,}5 \le D_н \le 160$ мм, а номинальное значение (мм)

$$D_н = D_{max} + 2t + (15 \div 25),$$

где D_{max} - диаметр наружной концентрической окружности с капиллярами; 15÷25 мм - размер, необходимый для жесткого крепления фильеры в фильерной головке.

Оптимальную толщину s пластины определяют по допускаемому напряжению изгиба σ,

$$s \ge 0{,}5r\sqrt{\frac{3p}{\sigma}},$$

и по допускаемому максимальному прогибу $f_0 \le (0{,}01 \div 0{,}10)\,s$,

$$s \ge r\sqrt{\frac{3p\left(1-\mu^2\right)}{(0{,}16 \div 1{,}60)E}},$$

где p - давление расплава на входе в капилляр; $p = \dfrac{8Ql_1\eta}{\pi k r_1^4}$; Q - подача расплава на одну фильеру; k - число капилляров; η - динамическая вязкость расплава; l_1 - длина капилляра; μ = = 0,3 - коэффициент Пуассона стальной фильеры; $E = 2\cdot10^5$ МПа - модуль упругости стальной фильеры; r_1 - радиус внутренней окружности жесткой заделки фильерной пластины; $r_1 = D_{max} / 2 + t$.

При проектировании фильеры берут большее значение s из двух найденных. У фильер сегментной формы капилляры располагают по равноудаленным концентрическим полуокружностям. Толщину сегментной и овальной пластины с эллипсом $2a\times2b$ по линии заделки находят по формулам:

$$s \ge \frac{1}{b}\sqrt{\frac{6p}{\left(\frac{3}{a^4}+\frac{2}{a^2b^2}+\frac{3}{b^4}\right)\sigma}};$$

$$s \ge \sqrt[4]{\frac{3p\left(1-\mu^2\right)}{(0{,}02 \div 0{,}20)\left(\frac{3}{a^4}+\frac{2}{a^2b^2}+\frac{3}{b^4}\right)E}}.$$

На прямоугольной и овальной фильерной пластине капилляры с шагом t = 4 ÷ 7 мм располагают по равноудаленным прямым линиям с расстоянием 7 ÷ 15 мм. Толщина прямоугольной пластины, найденная по допускаемому напряжению изгиба σ,

$$s \ge \frac{a^2}{\pi b}\sqrt{\frac{48p}{\left(3+3\frac{a^4}{b^4}+2\frac{a^2}{b^2}\right)\sigma}},$$

и по допускаемому прогибу,

$$s \ge \frac{2a}{\pi}\sqrt[4]{\frac{12p\left(1-\mu^2\right)}{(0{,}01 \div 0{,}10)\left(3\frac{a^4}{b^4}+2\frac{a^2}{b^2}+3\right)E}}.$$

Фильеры для расплавов получают из стали 12Х21Н5Т. Можно изготовлять фильеры для расплавов из коррозионно- и жаропрочных сталей 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т.

У фильер для формования полых нитей капилляры состоят из двух, пяти V-образных или двух, трех С-образных отверстий, разделенных узкими перемычками (рис. 3.1.20, *а*). Лучшей простейшей формой капилляра является кольцевая без перемычек (рис. 3.1.20, *б*).

Фильерные головки. Они предназначены для размещения, герметизации и крепления в них одной или нескольких фильер и фильтрующих материалов. Разделительные решетки равномерно распределяют формовочный раствор или расплав по рабочей площади фильеры. Тканые фильтровальные сетки получают из проволоки коррозионно-стойкой стали. Все остальные детали для формовочных растворов изготовляют из винипласта, эбонита, полипропилена, бронзы и коррозионно-стойкой

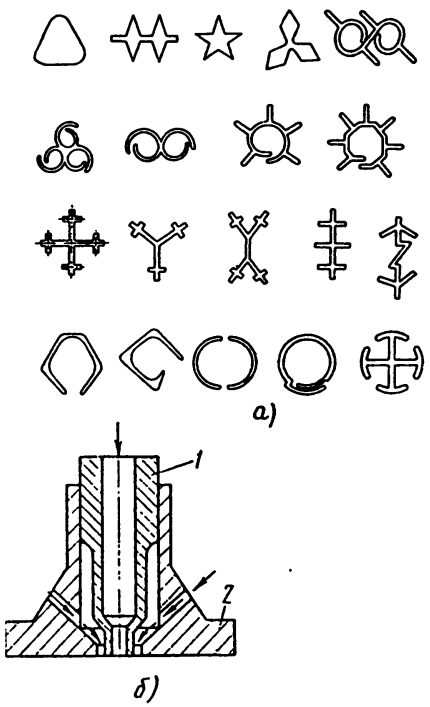


Рис. 3.1.20. Капилляры фильер:
а - поперечные сечения; *б* - кольцевой капилляр

стали. Детали фильерной головки для расплавов изготовляют из жаропрочных сталей, за исключением герметизирующих прокладок (алюминий и алюминиевые сплавы).

При мокром формовании нити фильерные головки крепятся или на конце поворотной трубки (червяка), или стационарно на неподвижных трубопроводах, а при сухом формовании нити и формовании в вертикальных трубках и воронках головки крепят только стационарно.

Фильерные головки для расплавов располагают в формовочной обогреваемой головке. Перед фильерой предусмотрено пространство, необходимое для свободного подвода расплава или раствора ко всем капиллярам.

Конструкция фильерной головки определяется формой, размерами и числом фильер, устанавливаемых в одной головке. Давление вискозного раствора перед фильерой 0,3 ÷ 0,6 МПа, а ацетатного раствора и расплава полимера 2,5 МПа.

Формовочные трубки и формовочные воронки предназначены для размещения и отделки в них комплексных нитей, полученных из растворов полимеров. На формовочных машинах трубки располагают горизонтально и вертикально. Горизонтальные трубки применяют для уменьшения гидравлического сопротивления движению формуемой нити с целью увеличения скорости последней в 1,5 - 2 раза. Горизонтальные трубки *2* размещают после фильерной головки *1* на определенной глубине H в общей ванне, наполненной осадительным раствором (рис. 3.1.21, *а*). Заглубление трубки обеспечивает заданную скорость v_p течения осадительного раствора в трубке, направленной по движению свежесформированной нити, причем

$$H = \frac{v_p^2 l \lambda}{2g d_0} = \frac{8 q_1^2 l \lambda}{\pi^2 g d_0^4},$$

где $l = v_ф t_ф$ - длина трубки (l = 500 ÷ 900 мм); $v_ф$ =2,3 ÷ 2,5 м/с - скорость нити при выходе из трубки; $t_ф$ = 0,1 ÷ 0,2 с - время пребывания формуемой нити в трубке; λ = = 0,025 ÷ 0,030 - гидравлический коэффициент трения осадительного раствора о внутреннюю стенку стеклянной трубки; при ламинарном течении осадительного раствора

$$\lambda = \frac{16\pi\nu d}{q_1}; \quad v_p = \frac{4q_1}{\pi d_0^2}; \quad H = \frac{8\pi v_p^2 l \nu}{g q_1};$$ ν -

кинематическая вязкость осадительного раствора; g - ускорение свободного падения; d_0 - диаметр отверстия трубки; q_1 - транзитный расход осадительного раствора через трубку.

Горизонтальная трубка состоит из конической воронки и цилиндрического участка, которые обеспечивают свободное размещение в трубке пучка филоментных нитей.

При проектировании трубки диаметр отверстия цилиндрического участка

$$d_0 = 2\sqrt{\frac{q_1}{\pi(v_ф - v_{отн})}},$$

где $v_{отн}$ - относительная скорость формуемой нити в осадительном растворе; $v_{отн}$ =

$$= \sqrt[3]{\frac{F_н^2}{(1{,}328\pi r)^2 \rho l \eta}};$$ $F_н$ - допускаемое натяжение нити на выходе из трубки; r - радиус поперечного сечения нити на выходе из трубки;

$r = \sqrt{\frac{T}{\pi\rho_1}}$; T - линейная плотность; ρ_1 - плотность нити; ρ - плотность осадительного раствора; η - динамическая вязкость осадительного раствора.

Схемы креплений горизонтальных трубок к корпусу ванны приведены на рис. 3.1.21, *б*.

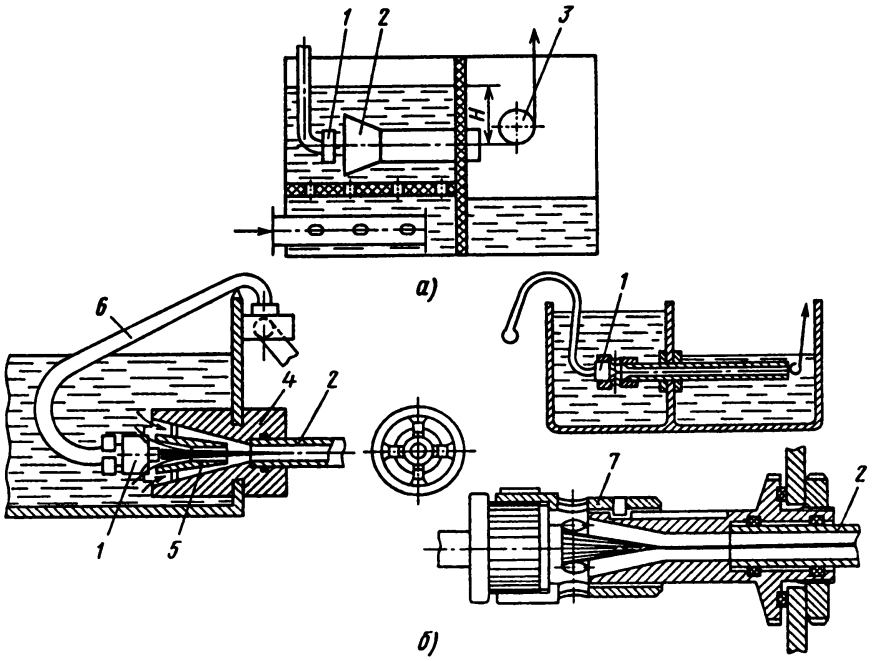


Рис. 3.1.21. Горизонтальные формовочные трубки:
а - схема расположения; *б* - крепление;
1 - фильерная головка; *2* - формовочная труба; *3* - направляющий ролик; *4* - коническая насадка;
5 - центрирующая насадка; *6* - червяк; *7* - муфта

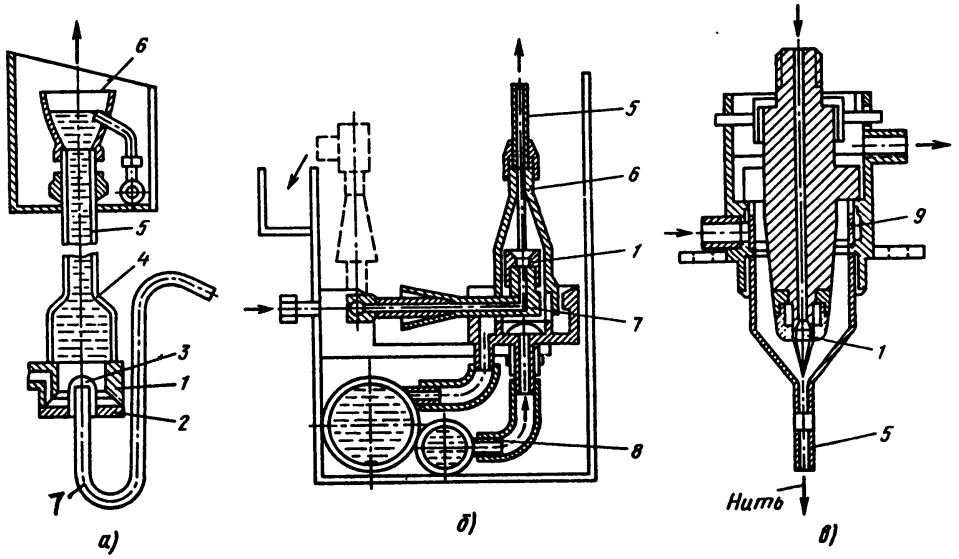


Рис. 3.1.22. Вертикальные формовочные трубки:
а - схема; *б* - без прекращения подачи осадительного раствора при смене фильеры;
в - с подачей осадительного раствора сверху вниз;
1 - фильерная головка; *2* - дно; *3* - фильера; *4* - колба; *5* - цилиндрическая трубка;
6 - воронка (колпак-воронка; *7* - червяк; *8* - дозатор; *9* - перфорированное кольцо

Вертикальные трубки (рис. 3.1.22) применяют при формовании химических нитей из растворов, струйки которых медленно затвердевают в осадительном растворе. Длина вертикальных трубок 1 ÷ 2 м.

Для устранения фонтанирования осадительного раствора при выходе из трубок и его разбрызгивания предусматривают воронкообразные насадки *б* на выходном конце, колпаки или выходной конец трубок затапливают в осадительный раствор сливной ванны (рис. 3.1.23).

Вертикальные воронки (см. рис. 3.1.22, *в*) применяют при формовании медно-аммиачной нити с кратностью вытягивания $\lambda = 150 \div 200$. Из-за низкой начальной прочности формуемой нити ее относительная скорость в осадительном растворе в любом сечении воронки берется близкой к нулю, что обеспечивается изменением диаметра отверстия по закону

$$d_y = d\sqrt{\frac{2q_1 k\, l}{q(l + \lambda\, y - y)}},$$

где q_1 - транзитный расход осадительного раствора в воронке; k - число капилляров в фильере, установленной в воронке; $l = v_ф\, t_ф$ - общая длина воронки; q - расход формовочного раствора одной фильерой; d - диаметр капилляра фильеры; y - расстояние от зеркала фильеры до текущего поперечного сечения воронки ($0 \le y \le l$).

Цельные фильерные трубки и воронки изготовляют из кислотостойкого стекла, а в составных - коническую головку - из стекла, а

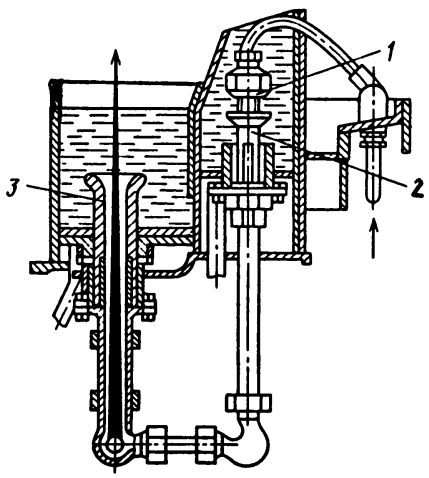


Рис. 3.1.23. Формовочная трубка V-образной формы:
1 - фильерная головка;
2 - головка формовочной трубки; *3* - насадка

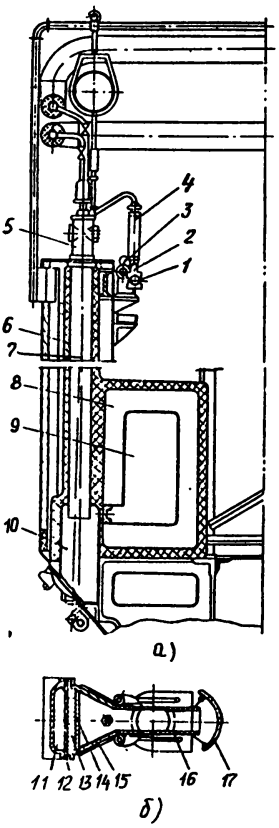


Рис. 3.1.24. Формовочные шахты:
а - для нагревания свежесформированной нити;
б - с защитным щитком;
1 - трубопровод для подачи формовочного раствора;
2 - насосная стойка; *3* - дозирующий насос;
4 - фильтр-палец; *5* - формовочная головка с фильерой; *6* - формовочная шахта; *7* - нить;
8 - трубопровод для отвода избыточного горячего воздуха; *9* - трубопровод подачи горячего воздуха;
10 - секционная камера с горячим воздухом;
11 - напорная камера; *12* - перфорированная перегородка; *13* - направляющая решетка с прямоугольными сотами; *14* - решетка с круглыми отверстиями; *15* - камера охлаждения; *16* - створки;
17 - защитный щиток

цилиндрическую трубку - из винипласта, полипропилена.

Формовочные шахты. Они предназначены для полной или частичной изоляции свежесформированной нити от окружающей среды формовочного цеха и поддержания внутри шахты микроклимата с заданными параметрами, необходимого для нагревания или охлаждения нити. При сухом формовании ацетатных, полиакрилонитрильных и других нитей из растворов полимеров в шахте из нитей удаляют легколетучие растворители (ацетон,

спирт). Для поддержания необходимой температуры горячий воздух подают внутрь шахты (рис. 3.1.24), выполненной в виде сплошной цилиндрический стальной трубы, или горячую воду подают в свободное пространство между трубой и ее рубашкой. Диаметр отверстия сплошной трубы 100 ÷ 200 мм, а длина трубы 3 ÷ 10 м. При формовании ацетатной текстильной нити применяется противоточная циркуляция горячего воздуха. Длина шахты 3 ÷ 5 м.

На формовочных машинах, вырабатывающих нить из расплава полимера, формовочная шахта состоит из двух последовательно установленных шахт: обдувочной *2* и сопроводительной *5* (рис. 3.1.25). Общая длина обеих шахт 3 ÷ 7 м. В шахте *2* нить охлаждается кондиционированным воздухом с температурой 25 ÷ 35 °С и скоростью в зоне обдувки 0,3 ÷ 0,5 м/с, причем поток охлаждающего воздуха направлен перпендикулярно к оси пучка нитей (рис. 3.1.26).

Обдувочная шахта состоит из напорной и обдувочной камер, разделенных перфорированной перегородкой (рис. 3.1.27). В напорную камеру прямоугольной формы по воздуховоду подается кондиционированный воздух, который через отверстия перегородки *4* поступает в обдувочную камеру, снабженную двумя створками, обеспечивающими свободный доступ к фильере *1* и защиту охлаждаемой нити от воздействия внешних (цеховых) потоков воздуха. Форма и размеры поперечного сече-

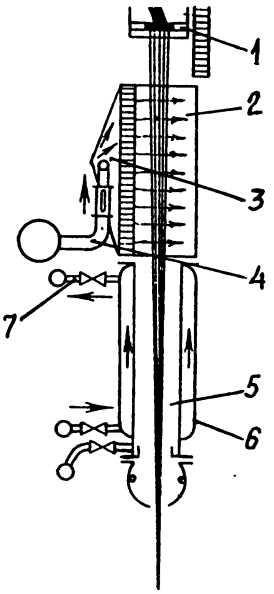


Рис. 3.1.25. Формовочная шахта для охлаждения свежесформованной нити:
1 - фильерная головка; *2* - обдувочная шахта; *3* - напорная камера; *4* - воздуховод для подачи кондиционированного воздуха; *5* - сопроводительная шахта; *6* - рубашка сопроводительной шахты; *7* - головка отсоса

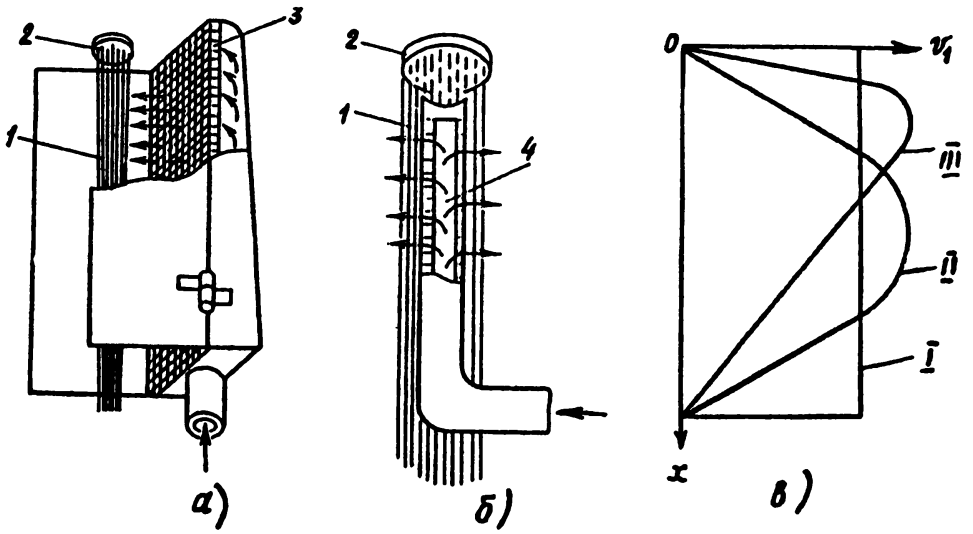


Рис. 3.1.26. Схемы обдувочных шахт и эпюра скоростей охлаждающего воздуха v_1 по высоте шахты *x*:
а - односторонняя поперечная обдувка; *б* - радиальная обдувка;
1 - нити; *2* - фильера; *3* - сетчатая перегородка; *4* - напорная камера;
I, II - при формировании текстильной нити; *III* - при формировании технической нити;
x - расстояние от зеркала фильеры

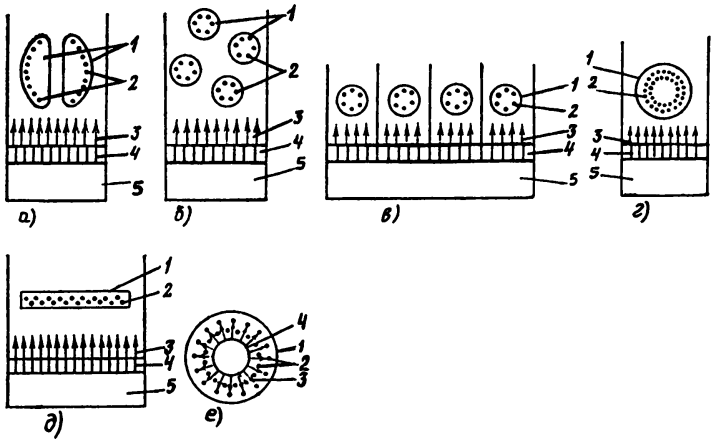


Рис. 3.1.27. Схемы расположения фильер в обдувочной камере:
1 - фильера; *2* - капилляр; *3* - струйки воздуха; *4* - перфорированная перегородка (трубка); *5* - напорная камера

ния обдувочной камеры зависят от схемы и числа фильер, установленных в одной формовочной головке.

Длина обдувочной шахты

$$H_{о.ш} = H_1 + H_2,$$

где $H_1 = 7\left[b(T_0 - T_1) + (a + bT_1)\ln\frac{T_0 - t_1}{T_1 - t_1}\right] \times$

$$\times \frac{d_0^2 - d_1^2}{6A_1\left(d_0^{1\frac{1}{6}} - d_1^{1\frac{1}{6}}\right)};$$ H_1 = 0,5 м - при формовании полиэфирных нитей; H_1 = 1 м - при формовании полиамидных нитей; H_1 = 2 м - при формовании полипропиленовых нитей;

$$A_1 = \frac{1{,}68\lambda_1 \rho_1^{\frac{1}{3}}}{(\eta_1 d_1)^{\frac{1}{3}} \rho v_0^{\frac{2}{3}} d_0^{\frac{5}{3}}};\quad H_2 = \frac{\rho v c_p d \ln\frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1}}{4\alpha_1};$$

T_0 - температура расплава у зеркала фильеры; у капрона T_0 = 260 ÷ 270 °С; у анида и энанта T_0 = 275 ÷ 285 °С; T_1 - температура затвердевания полимера; у капрона T_1 = 215 °С; у анида T_1 = 255 °С и энанта T_1 = 225 °С; t_1 - температура охлаждающего воздуха; $d_0 = d_1\sqrt{\lambda}$ - диаметр струи расплава у зеркала фильеры; d_1 - диаметр затвердевшей и вытянутой нити; λ - кратность фильерной вытяжки нити; λ_1, ρ_1, η_1 - соответственно теплопроводность, плотность, динамическая вязкость охлаждающего воздуха; ρ - плотность охлаждаемой нити; v_0 - скорость истечения струек расплава из капилляров фильеры; v - окружная скорость транспортирующего нить диска или цилиндра; $c_p = a + bT$ - удельная теплоемкость нити, имеющей температуру T; значения коэффициентов a и b соответственно: у полиамидных нитей 2170 и 2,5, у полиэтиленовых 1250 и 2,2, у полипропиленовых 2090 Дж/(кг·°С) и 4,6 Дж/(кг·°С); $d = d_1$ - диаметр готовой нити; T_2 = 70 ÷ 80 °С - температура нити при выходе из шахты; α_1 - коэффициент теплопередачи от нити к воздуху,

Вт/(м^2·°С); $$\alpha_1 = \frac{0{,}42\lambda_1 \mathrm{Re}^{\frac{1}{3}}}{d}\left[1 + \left(\frac{8v_1}{v}\right)^2\right]^{\frac{2}{3}};$$

$\mathrm{Re} = \frac{v\rho_1 d}{\eta_1}$; Re - число Рейнольдса при продольном обтекании нити воздухом; v_1 = 0,3 ÷ 0,5 м/с - скорость охлаждающего воздуха в зоне обдувки.

В сопроводительной шахте формуемая нить охлаждается до температуры в намоточном цехе (20 ÷ 25 °С). Эта шахта выполнена в виде сплошной стальной цилиндрической трубы: диаметр отверстия трубы 75 ÷ 125 мм, а длина 1,5 ÷ 3 м.

Длина сопроводительной шахты

$$H_{с.ш} = \frac{\rho v C_p d \ln\frac{T_2 - t_2}{T_3 - t_2}}{4\alpha_1},$$

где t_2 - температура охлаждающего воздуха в шахте; T_3 = 20 ÷ 30 °С - температура нити при выходе из шахты.

Диаметр отверстия шахты берут на 20 ÷ 25 % больше максимального размера поперечного сечения пучка на входе в сопроводительную шахту.

Замасливающие устройства. Они предназначены для нанесения заданного количества и равномерного распределения замасливателя по всей наружной поверхности одиночной или комплексной нити. Замасливающие устройства в зависимости от способа

нанесения замасливателя делят на контактные и бесконтактные. Контактные замасливающие устройства могут быть подвижными и неподвижными. К подвижным относятся дисковые, к неподвижным - щелевые, капиллярные и пластинчатые. Бесконтактные замасливающие устройства - это распыливающие, пленочные и погружные.

Наибольшее распространение для замасливания получили устройства дискового типа, состоящие из ванн и одного или двух вращающихся дисков, окружная скорость которых значительно меньше скорости движения нити. Диски часто погружены в замасливатель, смачиваются им и передают некоторую часть замасливателя нити, которая непрерывно скользит по замасленной поверхности дисков. Для повышения равномерности замасливания устанавливают два диска. Верхним диском обычно наносится около 80 %, а нижним около 20 % всего количества замасливателя. Количество замасливателя, наносимого дисковым устройством, регулируется изменением окружной скорости дисков, угла обхвата нитью каждого диска, уровнем замасливателя в ванне и шириной пучка нитей в зоне замасливания.

Различают одно- и двустороннее нанесение замасливателя на нить. При одностороннем замасливании (рис. 3.1.28, *а* и *б*) диски располагают так, что нить соприкасается с двумя дисками одной стороной, при двустороннем нанесении (рис. 3.1.28, *в*) диски располагают по обе стороны от движущейся нити. Двусторонняя схема обеспечивает более равномерное замасливание нити. Диски получают принудительное вращение с регулируемой частотой 1,8 ÷ 38 мин$^{-1}$. Диаметр дисков 0,1 ÷ 0,18 м, толщина 0,04 ÷ 0,25 м, материал - специальное огнеупорное стекло, фарфор, ситалл, корунд или металл с керамическим покрытием.

Оси вращения дисков располагают перпендикулярно или параллельно фронту обслуживания машины в зависимости от расположения нити. Направление вращения дисков совпадает с направлением движения нити. Повышение скорости движения нити и

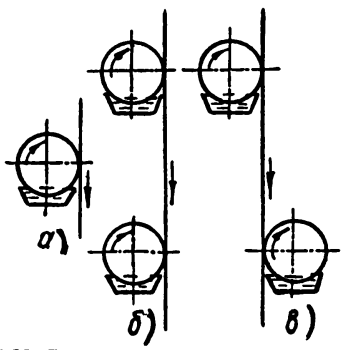


Рис. 3.1.28. Схемы нанесения замасливателя на нить контактным способом

окружных скоростей дисков ведет к увеличению неравномерности замасливания нити. Неравномерность нанесения замасливателя изменяется пропорционально изменению скорости движения нити. Устройство дискового типа не обеспечивает равномерного вращения дисков, постоянной глубины погружения дисков в замасливатель, постоянного угла обхвата нитью каждого диска и разложение пучка нитей в зоне замасливания в ленту, что приводит к ухудшению равномерности нанесения замасливателя как по длине нити, так и внутри пучка комплексной нити. Неравномерность нанесения замасливателя до 40 %.

При проектировании дисков замасливающих устройств определяют диаметр, толщину диска, толщину пленки замасливателя на поверхности диска и его окружную скорость.

Диаметр диска

$$D = \frac{s\sigma^2}{\sigma^2 - v_д^{1\frac{1}{3}}\left[0{,}655\,\rho_з\left(\frac{\eta}{\sigma}\right)^{\frac{1}{6}}\left(\frac{\eta}{\rho_з g}\right)^{\frac{1}{2}}\right]},$$

где s - глубина погружения диска в замасливатель; σ - коэффициент поверхностного натяжения замасливателя; $v_д$ - окружная скорость диска; $\rho_з$ - плотность замасливателя; η - коэффициент динамической вязкости замасливателя; g - ускорение свободного падения.

Толщина диска

$$L_д = \sqrt{\frac{T_з z}{0{,}785}\left(\frac{1}{\rho_н} + \frac{C}{\rho_з}\right)} + b(z-1) + \Delta,$$

где $T_з$ - линейная плотность нити в зоне замасливания; z - число элементарных нитей в комплексной; $\rho_н$ - плотность нити; C - доля жировой композиции в единице объема замасливателя; b = 30 ÷ 50 мкм - зазор между элементарными нитями, зависящий от вязкости замасливателя; Δ = 15 ÷ 20 мм - гарантированный размер, устраняющий западание одиночной нити за торцы диска.

Толщина слоя замасливателя на поверхности диска

$$h = \frac{0{,}655}{\cos\varphi_0/2} v_д^{\frac{2}{3}}\left(\frac{\eta}{\sigma}\right)^{\frac{1}{6}}\left(\frac{\eta}{\rho_з g}\right)^{\frac{1}{2}},$$

где φ_0 - центральный угол смоченной дуги диска.

Окружная скорость диска

$$v_д = \left[\frac{q_з v_н T k \cos\frac{\varphi_0}{2}}{0{,}655 a C\left(\frac{\eta}{\sigma}\right)^{\frac{1}{6}}\left(\frac{\eta}{\rho_з g}\right)^{\frac{1}{2}}}\right]^{\frac{3}{5}},$$

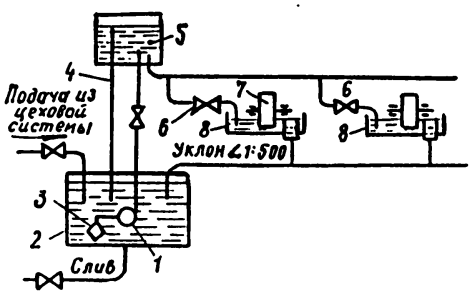


Рис. 3.1.29. Принципиальная схема замасливающей системы

где $q_з$ - расход жировых веществ на единицу массы нити; $v_н$ - скорость наматывания нити на нитеноситель; T - линейная плотность нити; k - коэффициент, учитывающий число дисков; при одном диске $k = 1$; при двух дисках $k = 0,8$ для верхнего диска и $k = 0,2$ для нижнего диска; $a = L_д - \Delta$ - ширина пучка элементарных нитей.

Для подачи замасливающей жидкости к дискам служит система подачи и циркуляции (рис. 3.1.29), состоящая из сборного бака *2*, насоса *1*, фильтра *3* и напорного бака *5*. Из напорного бака замасливатель подается самотеком в ванночки *8*. Расход замасливателя регулируется вентилями *6*. В напорном баке предусмотрена переливная труба *4*, верхний срез которой определяет постоянный уровень замасливателя при условии, что подача превышает расход из напорного бака. Из ванночек *8* замасливатель самотеком сливается в возвратную магистраль и затем в сборный бак. Уровень замасливателя в ванночках регулируется с помощью установки сливной трубки на определенной высоте. Для перемещения замасливателя из сборного в напорный бак применяют шестеренные или погружные насосы центробежного типа.

Для замасливания формуемых нитей наряду с традиционными дисковыми устройствами применяют устройства щелевого и форсуночного типов, а также с пористой направляющей. Замасливание нитей в охлаждающем устройстве (шахте) позволяет улучшить качество нитей, уменьшить их натяжение при наматывании, повысить равномерность линейной плотности и уменьшить размеры машины по высоте.

При нанесении замасливателя с помощью форсунок (рис. 3.1.30, *а*) равномерность замасливания резко повышается. Наилучший эффект замасливания создается при применении двух форсунок, подающих замасливатель на нить с противоположных направлений. Однако расход воздуха, замасливателя, а также засорение окружающей среды частицами аэрозоля, интенсивный и надежный отсос которого трудоемок, сдерживает внедрение этого метода замасливания.

Применение щелевых замасливающих устройств (рис. 3.1.30, *б*) с дозированной подачей замасливателя обеспечивает более высокое качество замасливания, чем с помощью дисков. Щель *5* должна находиться несколько выше контакта нити *1* с корпусом устройства, а стенки щели должны быть параллельными. Для сбора стекающего замасливателя под щелью следует установить ванночку *4* или отсасывающее устройство. Щель следует располагать перпендикулярно к движущимся нитям. Кроме того, необходимо обеспечить постоянный контакт движущихся нитей с корпусом замасливающего устройства. Конструкция системы подачи и циркуляции замасливателя в устройствах щелевого типа аналогична конструкции, применяемой на формовочных машинах при замасливании синтетических нитей.

Длина L и ширина B щели должны удовлетворять условию:

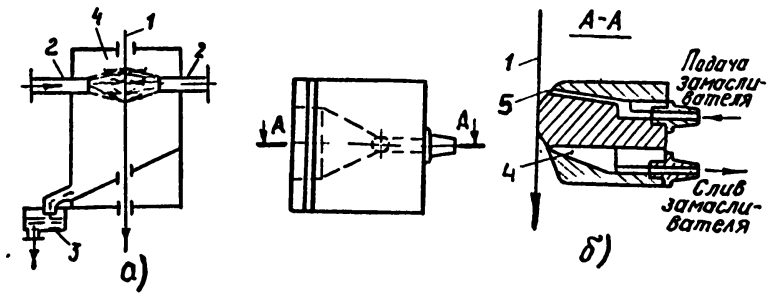


Рис. 3.1.30. Замасливающие устройства:
а - с форсунками; *б* - со щелью;
1 - нить; *2* - форсунки; *3* - резервуар; *4* - камера; *5* - щель

$$L = \sqrt{\frac{T_3 z}{0{,}785\left(\frac{1}{\rho_н} + \frac{C}{\rho_з}\right)}} + b(z-1);$$

$$B \geq \sqrt[3]{\frac{Q_щ^2}{2g\,a^2}},$$

где $Q_щ$ - объемный расход замасливателя через щель.

Механизмы накопления и транспортирования нити. Они предназначены для накопления на рабочих органах нити заданной длины и сообщения ей постоянной продольной скорости (0,025 ÷ 100 м/с).

При формовании химических нитей по мокрому способу накапливаемая нить обрабатывается жидкостями или сушится в течение заданного промежутка времени непосредственно на механизмах (рис. 3.1.31, *а*, *б*). При транспортировании сухой нити ее накопление необходимо для создания по всей дуге обхвата определенной силы трения, достаточной для устранения проскальзывания накопленной нити по поверхности ведущего звена (рис. 3.1.31, *в*).

В большинстве случаев накапливаемая нить располагается на двух ведущих нить цилиндрах *1*, *2* или двух ребристых роликах *10*, *11* (рис. 3.1.31, *г*) по пространственной спирали с уменьшающим шагом. Оси транспортирующих нить цилиндров или роликов в общем случае расположены в параллельных плоскостях и перекрещиваются под углом α.

Когда оба цилиндра являются ведущими для нити, то текущий шаг пространственной спирали (см. рис. 3.1.31, *а*)

$$h_x = \frac{\left\{(b_0 - x\operatorname{tg}\alpha)\left[c^2 + (b_0 - x\operatorname{tg}\alpha)^2 - (r_1 - r_2)^2\right] \pm \right.}{c^2 + (b_0 - x\operatorname{tg}\alpha)^2} \cdots$$

$$\left. \pm c(r_1 + r_2)\sqrt{c^2 + (b_0 - x\operatorname{tg}\alpha)^2 - (r_1 - r_2)^2}\right\} x\operatorname{tg}\alpha$$

$$\cdots \Big/ \qquad , \qquad (3.1.1)$$

где знак "+" берется при вращении цилиндров по часовой стрелке, если смотреть на их торцы со стороны расположения глазка нитенаправителя *3*; b_0 - расстояние по вертикали между осями цилиндров в месте расположения нитенаправителя *3*; x - расстояние между нитенаправителем *3* и текущим сечением; $\alpha = 1 \div 10°$ -

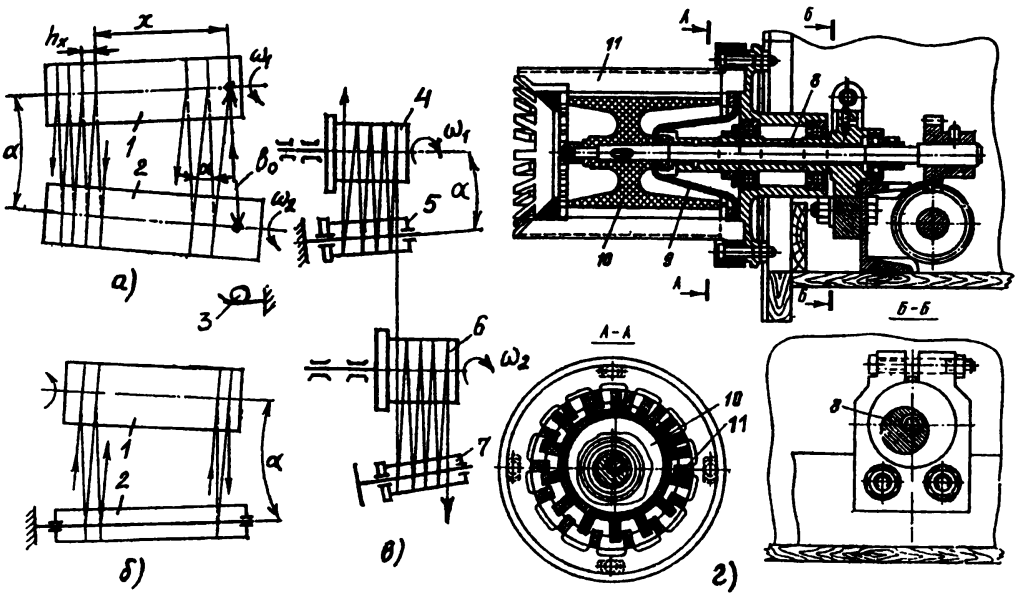


Рис. 3.1.31. Механизмы накопления и транспортирования нити:
а - оба цилиндра ведущие для нити; *б* - цилиндр *1* является ведущим, а цилиндр *2* ведомым; *в* - крутильно-вытяжной машины; *г* - с ребристыми роликами; *1*, *2* - цилиндры; *3* - нитенаправитель; *4*, *6* - ведущие цилиндры; *5*, *7* - ведомые ролики; *8* - втулка-эксцентрик; *9* - резиновая диафрагма; *10*, *11* - ребристые ролики

угол перекрещивания осей цилиндров; c - расстояние между параллельными плоскостями, в которых расположены оси ведущих нить цилиндров; r_1 - радиус цилиндра *1*; r_2 - радиус цилиндра *2*.

Когда оси цилиндров расположены в одной плоскости, то $c = 0$, а шаг спирали

$$h_x = \frac{\left[(b_0 - x\operatorname{tg}\alpha)^2 - (r_1 - r_2)^2\right]\operatorname{tg}\alpha}{b_0 - x\operatorname{tg}\alpha};$$

при $r_1 = r_2 = r$ и $c = 0$

$$h_x = (b_0 - x\operatorname{tg}\alpha)\operatorname{tg}\alpha.$$

Текущий шаг спирали равен нулю при

$$x_{1\text{к р}} = \left\{ b_0 - \sqrt{\sqrt{\frac{\left[c^2 - (r_1 - r_2)^2\right]^2}{4} + c^2(r_1 + r_2)^2} - \frac{c^2 - (r_1 - r_2)^2}{2}} \right\} \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha},$$

когда цилиндры вращаются против часовой стрелки, и

$$x_{2\text{к р}} = \left\{ b_0 + \sqrt{\sqrt{\frac{\left[c^2 - (r_1 - r_2)^2\right]^2}{4} + c^2(r_1 + r_2)^2} - \frac{c^2 - (r_1 - r_2)^2}{2}} \right\} \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha},$$

когда цилиндры вращаются по часовой стрелке.

Технологическая длина накопленной нити

$$l = \mathrm{v}\, t_0 \approx l_\text{р}\, l_\text{ср} / h_\text{ср},$$

где v - продольная скорость нити; t_0 - заданное время отделки накопленной нити на механизме; $l_\text{р}$ - длина рабочего участка цилиндра; $h_\text{ср}$ - шаг спирали в средней части рабочего участка цилиндра; $l_\text{ср}$ - длина среднего витка спирали, расположенного на середине рабочего участка цилиндра; $l_\text{ср} = \mathrm{v}\, t_0\, h_\text{ср} / l_\text{р}$.

Когда оси цилиндров расположены вдоль продольной оси машины, рабочая длина цилиндра (см. рис. 3.1.31, *б*)

$$l_\text{р} = A - 2a_1 - \Delta = A - 50 \text{ мм},$$

где A - расстояние между осями соседних рабочих мест (фильер, веретен); $a_1 = 15$ мм - гарантийный размер; $\Delta = 20$ мм - ширина разделительного кольцевого паза.

Если оси цилиндров расположены перпендикулярно к продольной оси машины и оперты концами, то рабочую длину цилиндра можно брать на 150 ÷ 250 мм меньше ширины машины. При консольном закреплении цилиндра $l_\text{р} \le 250$ мм (см. рис. 3.1.31, *в*).

На отделочных цилиндрах формовочных машин средний шаг спирали 5 ÷ 6 мм, на сушильных цилиндрах 3,5 ÷ 4,5 мм, на вытяжных и других машинах 3 ÷ 5 мм.

Средний шаг спирали при $\alpha = 1 \div 5°$, $c > 0$ и $r_1 = r_2 = r_{\max} = \text{const}$

$$h_\text{ср} = \left[b_0 - \frac{l_\text{р}\operatorname{tg}\alpha}{2} + \frac{2c\, r_{\max}}{\sqrt{c^2 + \left(b_0 - \frac{l_\text{р}\operatorname{tg}\alpha}{2}\right)^2}} \right] \operatorname{tg}\alpha.$$

Межосевое расстояние в средней части цилиндров (ребристых роликов)

$$a_\text{ср} = \sqrt{c^2 + \left(b_0 - \frac{l_\text{р}\operatorname{tg}\alpha}{2}\right)^2}.$$

Искомое значение $a_\text{ср}$ находим из равенств

$$l_\text{ср} = \frac{\mathrm{v} t_0\, h_\text{ср}}{l_\text{р}} \approx 2(\pi\, r_{\max} + a_\text{ср});$$

$$a_\text{ср} = \frac{\mathrm{v} t_0\, h_\text{ср}}{2 l_\text{р}} - \pi\, r_{\max}.$$

Если рабочие поверхности цилиндров выполнены сплошными, то $a_\text{ср} > (r_1 + r_2)$.

В механизме с ребристыми роликами $a_\text{ср} > 0$, а точка перекрещивания осей делит рабочую длину роликов пополам.

В некоторых механизмах только один цилиндр ведет нить, а другой или не вращается, или приводится во вращение накопленными витками нити. В первом случае текущий шаг витков спирали

$$h_x = \frac{\left\{b\left[a^2-(r_1-r_2)^2\right]\pm c(r_1-r_2)\sqrt{a^2-(r_1-r_2)^2}\right\}\times}{a^2}\ldots$$

$$\ldots\frac{\times\operatorname{tg}2\alpha\pm 2cr_2\sqrt{a^2-(r_1-r_2)^2}\operatorname{tg}\alpha}{}+r_2\left(\pi-\right.$$

$$\left.-2\arcsin\frac{r_1-r_2}{a}\right)\sin\alpha, \qquad (3.1.2)$$

где $b = b_0 - x\ \operatorname{tg}\alpha$; $a = \sqrt{c^2+(b_0-x\operatorname{tg}\alpha)^2}$ - межосевое расстояние цилиндров (роликов).

При $r_1 = r_2 = r$ и $c > 0$

$$h_{cp} = \left(b_0 - \frac{l_p\operatorname{tg}\alpha}{2}\right)\operatorname{tg}2\alpha + \frac{2cr\operatorname{tg}\alpha}{\sqrt{c^2+\left(b_0-\frac{l_p\operatorname{tg}\alpha}{2}\right)^2}} + \pi r\sin\alpha,$$

т.е. шаг витков спирали при одном неподвижном цилиндре и прочих равных условиях во много раз больше шага витков спирали при обоих ведущих нить цилиндрах.

При $c = 0$

$$h_{cp} = \left(b_0 - \frac{l_p\operatorname{tg}\alpha}{2}\right)\operatorname{tg}2\alpha + \pi r\sin\alpha.$$

Если второй цилиндр (ролик) приводится во вращение витками накопленной спирали, то h_x зависит от соотношения сил сопротивления вращению ролика и сил трения между роликом и накопленными витками, т.е.

$$h_{x(1)} \le h_x \le h_{x(10)},$$

где $h_{x(1)}$ - шаг витков, найденный по формуле (3.1.1); $h_{x(10)}$ - шаг витков, найденный по формуле (3.1.2) при тех же условиях.

Витки накопленной спирали не будут проскальзывать на ведущих нить цилиндрах, если число витков спирали

$$k > \frac{\ln\frac{Q_2}{Q_1}}{2\pi f\cos\alpha},$$

где Q_2 - максимальное натяжение нити в начале или конце накопленной спирали; Q_1 - минимальное натяжение нити в конце или начале той же спирали; f - среднее значение коэффициента трения нити по поверхностям цилиндра и ролика.

Отделочные цилиндры изготовляют сборными, состоящими из цилиндрической трубы, двух дисков и вала. Наружную поверхность трубы покрывают резиной (рис. 3.1.32). Сушильные цилиндры также изготовляют сборными из коррозионно-стойких алюминиевых сплавов или сталей.

Коэффициент жесткости отделочных и сушильных цилиндров берут в пределах

$$\varepsilon = \frac{y_{max}}{l} = \frac{1}{100\,000} \div \frac{1}{25\,000},$$

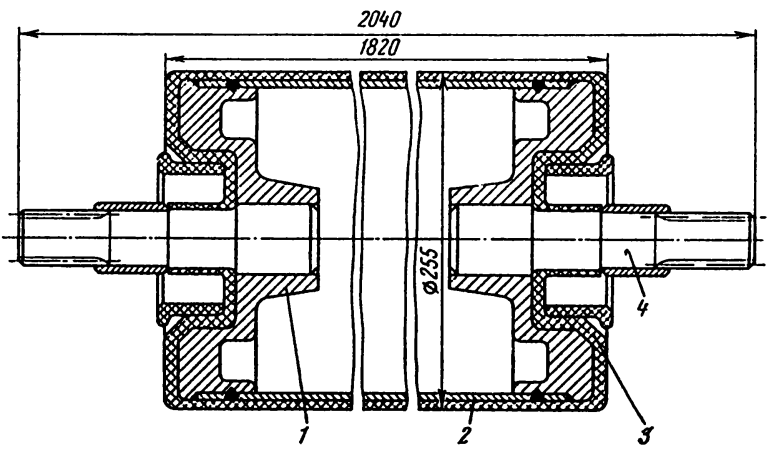


Рис. 3.1.32. Отделочный цилиндр:
1 - диск; *2* - труба; *3* - слой гуммировки; *4* - вал

где y_{max} - максимальный прогиб цилиндра; l - общая длина цилиндра.

Так как полый цилиндр имеет геометрическую и силовую симметрию, а концевые полуоси имеют сферические опоры, то

$$y_{max} = \frac{5ql^4}{384EJ} \le \varepsilon l = \left(\frac{1}{100\,000} \div \frac{1}{25\,000}\right) l, \qquad (3.1.3)$$

где $q = q_1 + q_2$ - интенсивность нагрузки; q_1 - интенсивность нагрузки от собственной массы полого цилиндра; q_2 = 1000 Н/м - интенсивность нагрузки со стороны накопленных витков; E - модуль упругости материала полой трубы; J - осевой момент инерции поперечного сечения трубы; $J \approx 0{,}05\left(d^4 - d_0^4\right)$; d - наружный диаметр трубы; d_0 - диаметр отверстия трубы.

Из уравнения (3.1.3) находим диаметр отверстия трубы:

$$d_0 = \sqrt[4]{d^4 - 0{,}26ql^3 / (\varepsilon E)}.$$

Если короткий ($l \approx d$) полый цилиндр со ступицей, размещенной в средней части трубы, закреплен на свободной консоли приводного вала, то максимальный прогиб конца консоли

$$y_{max} = \frac{ql^4}{8EJ} \le \varepsilon l = \left(\frac{1}{100\,000} \div \frac{1}{25\,000}\right) l,$$

где $J \approx 0{,}05\ d^4$ - осевой момент инерции поперечного сечения консоли приводного вала диаметра d.

Угловая критическая скорость цилиндра с опорами на концах

$$\omega_{1к\,р} = \sqrt{\frac{98EJ}{ml^3}},$$

где m - масса цилиндра; l - расстояние между опорами цилиндра.

Если цилиндр закреплен на конце консольного приводного вала, то

$$\omega_{1к\,р} = \sqrt{\frac{3EJ}{mb^3}},$$

где $J = 0{,}05\ d^4$ - момент инерции поперечного сечения консоли вала; d - диаметр консоли приводного вала; m - масса цилиндра, сосредоточенная в центре тяжести; b - расстояние между центром тяжести цилиндра и срединой ближайшей опоры.

Рабочая угловая скорость цилиндра должна быть меньше критической:

$$\omega_р \le 0{,}7\omega_{1к\,р}.$$

Транспортирующие диски. Диски сообщают нити продольное движение с заданной скоростью (0,5 ÷ 100 м/с). На некоторых текстильных машинах транспортирующие диски используют одновременно и для нагревания химических нитей.

Транспортирующий диск - тело вращения, у которого отношение $l / d \le 1$ (l - длина, d - наружный диаметр стакана).Для транспортирования мокрой нити диски изготовляют цельными и сборными (рис. 3.1.33, *а*, *б*) из коррозионно-стойких материалов (стекла, фарфора, ситалла, полимеров, твердой резины). Для транспортирования сухой нити диски изготовляют цельными и сварными из конструкционной стали 45 (рис. 3.1.33, *в* - *д*). Цельный диск из стекла (см. рис. 3.1.33, *а*) имеет цилиндрический или конический стакан *1* с буртиком и дно *3*, а цельный из стали - кроме того имеет ступицу (см. рис. 3.1.33, *в*, *д*). Стакан является ведущим элементом для нити и выполняется тонкостенным.

Максимальная допустимая окружная скорость стакана

$$v_{max} = \sqrt{\frac{\sigma_р}{\rho}},$$

где $\sigma_р$ - допускаемое напряжение при растяжении материала стакана ($\sigma_р$ = 200 МПа для стали и $\sigma_р$ = 100 МПа для кислотостойкого стекла); ρ - плотность материала стакана.

Материал диска обладает высокой коррозионной стойкостью по отношению к применяемым химическим реагентам, достаточной прочностью и износостойкостью. Рабочая поверхность диска выполнена гладкой, без острых краев. Ступица располагается внутри стакана так, чтобы их центры тяжести совпадали. С ведущим валом ступица имеет коническую посадку. Угол наклона образующей конического стакана к оси не более 5°. Рабочая поверхность стеклянного стакана выполняется ребристой с целью облегчения удаления подмотов нити. Ребра располагают вдоль образующих стакана с шагом 5 ÷ 8 мм и высотой 2 ÷ 3 мм.

Буртик предназначен для устранения попадания влаги или для устранения спадания нити со стакана на приводной вал транспортирующего диска. Высота буртика c_1 = 5 ÷ 20 мм и находится в прямой зависимости от окружной скорости стакана. При отсутствии подмотов нити c_1 = 5 мм. Толщина буртика δ_2 = 2 ÷ 3 мм.

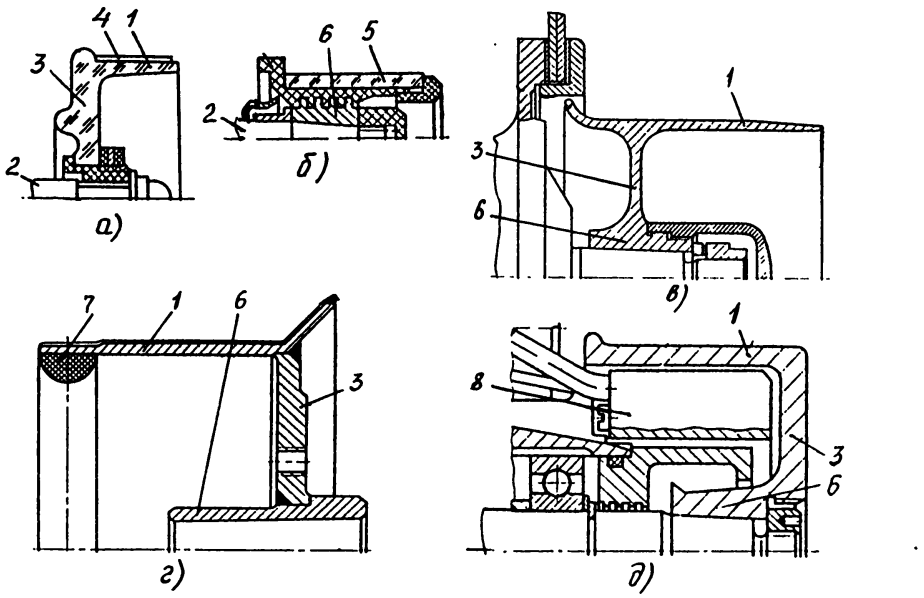


Рис. 3.1.33. Транспортирующие нить диски:
а - цельный из стекла; *б* - сборный; *в* - цельный из стали; *г* - сварной; *д* - обогреваемый; *1* - стакан; *2* - вал; *3* - дно; *4* - ребро; *5* - стеклянный цилиндр; *6* - ступица; *7* - предохранительное колесо; *8* - электронагреватель

Если оси вращения расположены на одной горизонтали и перпендикулярны продольной оси машины, то наружный диаметр d_1 буртика при межосевом расстоянии $A \le 300$ мм

$$d_1 = A - b - \Delta_1,$$

где b - толщина предмета, с помощью которого осуществляется заправка нити на диск (при ручной заправке нити $b = 10$ мм); $\Delta_1 = 3 \div 5$ мм - гарантийный зазор.

Наружный диаметр стакана

$$d_2 = d_1 - 2\,c_1.$$

Если $A \ge 300$ мм или оси дисков расположены параллельно продольной оси машины, то $d_2 = 150 \div 200$ мм.

Длина стакана

$$l_1 = k\,h + (30 \div 50)\ \text{мм},$$

где $k = 1 \div 3$ - число витков нити; $h = 5 \div 10$ мм - шаг витков; $30 \div 50$ мм - гарантийный размер, обеспечивающий надежное расположение витков нити на стакане и учитывающий вероятность образования подмота нити.

Максимальное напряжение изгиба от действия центробежных сил возникает в соединении сравнительно толстого дна с тонким стаканом при отсутствии зоны плавного сопряжения (сварной)

$$\sigma_{max} = \frac{3\rho\omega^2 d_2^3}{8\delta_1\sqrt{3\left(1-\mu^2\right)}} \le \sigma_p,$$

где ω - угловая скорость диска; $\omega = 2v/d_2$; v - продольная скорость нити (окружная скорость стакана); $\delta_1 = 1 \div 2{,}5$ мм - толщина стенки стакана; $\mu = 0{,}27 \div 0{,}30$ - коэффициент Пуассона материала стакана.

При наличии зоны плавного сопряжения стакана с дном напряжение изгиба от центробежных сил в этой зоне будет несколько меньше σ_{max}. Поэтому в реальной конструкции при окружной скорости стакана более 20 м/с необходимо предусматривать плавное сопряжение стакана с дном. Радиус дуги сопряжения $\rho \ge 5$ мм (рис. 3.1.33, *д*).

Жесткость конструкции диска в основном определяется жесткостью дна, поэтому толщина δ_3 дна в 2,5 - 3 раза больше толщины δ_1 стенки стакана; $\delta_1 \ge \dfrac{3\rho\omega^2 d_2^3}{8\sigma_p\sqrt{3\left(1-\mu^2\right)}}$.

В реальной конструкции толщину δ_1 стенки стакана не следует принимать меньше 1 мм не только из-за сложности механической обработки тонких оболочек и возможности потери устойчивости стакана при повышенной частоте вращения, но и ввиду повышенной

опасности травм во время обслуживания машин. При $d_1 > 150$ мм $\delta_1 = 1{,}5 \div 2{,}5$ мм.

Если диск изготовлен сборным, то прочностному расчету подвергается в первую очередь толстостенный стеклянный цилиндр *5* (см. рис. 3.1.33, *б*).

Пренебрегая концевыми эффектами, максимальное напряжение растяжения в стенке цилиндра можно найти как

$$\sigma_{max} = \frac{3-2\mu}{1-\mu}\left(r_2^2 + r_0^2\frac{1-2\mu}{3-2\mu}\right)\frac{\rho\omega^2}{4} \le \sigma_p,$$

где r_0 - радиус осевого отверстия; r_2 - наружный радиус цилиндра (стакана).

Реальную толщину δ_1 стенки стакана без учета продольных ребер не следует брать меньше 5 мм.

Диаметр цилиндрической консоли вала, на коническом конце которого крепится ступица,

$$d \ge \sqrt[4]{\frac{\omega^2 m b^3}{0{,}06E}},$$

где m - масса диска; b - расстояние между центром тяжести диска и серединой ближайшей опоры вала; E - модуль упругости стального вала (сталь 45).

Основная критическая частота собственных поперечных колебаний консольного вала с транспортирующим диском на конце

$$\omega_{1кр} = \sqrt{\frac{3EJ}{mb^3}},$$

где $J = 0{,}05\ d^4$ - осевой момент инерции поперечного сечения вала.

Рабочая угловая скорость диска должна быть меньше или больше $\omega_{1кр}$: $\omega \le 0{,}7\ \omega_{1кр}$ или $\omega \ge 1{,}3\ \omega_{1кр}$.

Диски и цилиндры, транспортирующие сухую нить, изготовляют из стали 45, рабочие поверхности хромируют ($\delta = 10 \div 12$ мкм) или наносят на них оксиды алюминия, титан путем плазменного напыления. Радиальное биение не более 0,05 мм. Шероховатость поверхности $Ra = 0{,}65$ мкм достигается полированием.

Вытяжные устройства. Они предназначены для ориентационного вытягивания нитей и жгутов с целью придания им требуемых физико-механических свойств. Конструкции вытяжных устройств зависят от назначения и вида вытянутой нити, толщины, кратности и силы вытягивания (табл. 3.1.14).

3.1.14. Классификация вытяжных устройств

Признак	Характеристика		
По ассортименту нити	Для текстильных нитей	Для технических нитей	Для жгутов
По числу зон вытягивания	Однозонные	Двухзонные	Многозонные
По типу вытяжных элементов	С вытяжными дисками	С вытяжными дисками или цилиндрами (конусами)	С вытяжными цилиндрами (вальцами)
По характеру защемления нити	С силовым и геометрическим защемлением		С геометрическим защемлением
По способу вытягивания	Без нагрева	С нагревом во второй зоне	С нагревом в каждой зоне
По типу нагревательных элементов	-	С плоскими нагревателями или дисками (цилиндрами) с электрообогревом	С плоскими нагревателями с паровым обогревом
По расположению вытяжных элементов	Параллельно или перпендикулярно к фронту машины		Перпендикулярно к фронту машины

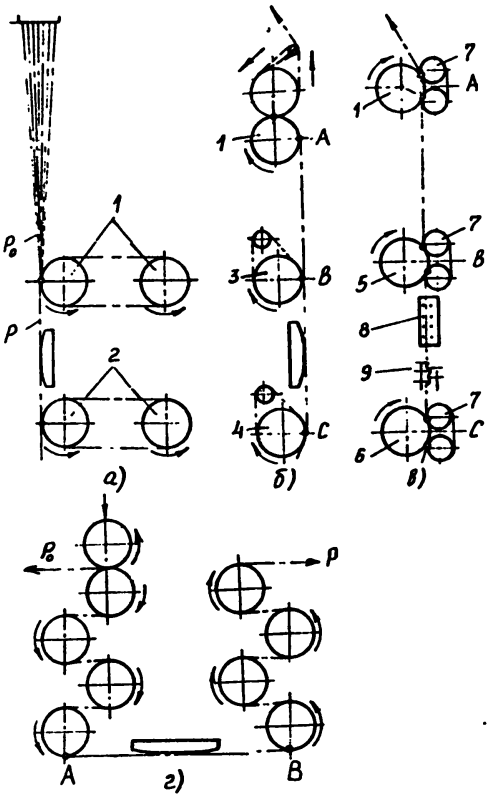


Рис. 3.1.34. Схемы вытяжных устройств:
а - формовочно-вытяжной машины; *б* - двухзонной крутильно-вытяжной машины; *в* - вытяжно-текстурирующей машины; *г* - многовальцовой

В вытяжном устройстве формовочно-вытяжной машины (рис. 3.1.34, *а*) пучок нитей после фильеры заправлен несколькими витками на вытяжные цилиндры *1* и *2* (соответственно 6 - 8 и 8 - 12 витков). При применении ступенчатых цилиндров или круглых усеченных конусов вытягивание осуществляется между ними при числе заправленных витков до нескольких десятков. В зоне вытягивания помещен плоский нагреватель или обогреваемые цилиндры (конусы).

В двухзонном вытяжном устройстве крутильно-вытяжной машины (рис. 3.1.34, *б*) групповой питающий механизм состоит из питающего цилиндра *1*, расположенного вдоль фронта машины, и грузового валика на каждом рабочем месте. Необходимую силу прижима грузового валика к цилиндру *1* обеспечивают подбором его массы и с помощью грузовых и пружинных устройств. Число заправленных витков на грузовом устройстве три - пять. Вытяжные механизмы состоят из дисков *3* и *4*.

Для вытягивания текстильных нитей применяют одну зону вытяжки *AB* без нагрева, а для вытягивания технических нитей - две зоны вытяжки *AB* и *BC* с плоским нагревателем в зоне *BC* и обогреваемым диском. Для текстильных нитей шаг между заправленными витками 3 ÷ 5 мм, число витков четыре - шесть; для технических нитей соответственно 4 ÷ 6 мм и шесть - восемь. Оси дисков и цилиндров расположены перпендикулярно или параллельно фронту машины. Аналогичные устройства имеют намоточно-вытяжные и гофрировочные машины с индивидуальными питающими механизмами.

Питающий, вытяжной и выпускной механизмы вытяжно-текстурирующей машины ложного кручения (рис. 3.1.34, *в*) конструктивно одинаковы, представляют собой цилиндры *1*, *5*, *6* и каретки *7* с ремешками (или грузовые валики). Необходимую силу прижима кареток к цилиндрам обеспечивают пружинные устройства. Цилиндры установлены вдоль фронта машины. При одновременном процессе вытягивания и текстурирования термофиксатор *8* витков и механизм *9* ложного кручения находятся в зоне вытяжки *AB*.

Вытяжные устройства для жгутов комплектуют из набора цилиндров (вальцов), объединенных в группы (рис. 3.1.34, *г*). Первая группа выполняет роль питающего механизма, остальные предназначены для вытягивания. Применяют многовальцовые механизмы, в которых жгут последовательно огибает ряд консольных цилиндров. Вытягивание осуществляют группами цилиндров. В зонах вытяжки находятся нагреватели. Число цилиндров в одной группе три - девять.

Обогрев нагревательных элементов, применяемых при вытягивании (пластин, дисков, цилиндров, камер, трубок), электрический за счет омического сопротивления или индукционного нагрева. При вытягивании жгутов используют влажный насыщенный пар, дающий более равномерный обогрев. Температура нагревательных элементов 80 ÷ 200 °С.

Цилиндры и диски изготавливают из стали 45 с упрочнением рабочих поверхностей путем хромирования (толщина слоя хрома 10 ÷ 12 мкм) и нанесения оксидов металлов (алюминия, титана) путем плазменного напыления. Устройства, работающие в агрессивных средах, изготовляют из химически стойких материалов - эбонита, стекла, фарфора и ситалла. В большинстве случаев заданные параметры шероховатости рабочей поверхности (*Ra* = 0,65 мкм) достигают полированием. Радиальное биение рабочих поверхностей не превышает 0,05 мм.

Защемление нити в вытяжном устройстве обеспечивают силовым геометрическим или комбинированным способом. Необходимая сила вытягивания (для текстильных нитей 0,2 ÷ 10 Н; для технических нитей 10 ÷ 50 Н; для жгутов до 1000 Н и более) - сила трения нити (жгута) о рабочие поверхности транспортирующих нить дисков или цилиндров.

Минимальное число заправленных витков $K_в$ на цилиндрах вытяжного устройства *1* (см. рис. 3.1.34, *а*):

$$K_в = \ln (P / P_0) / (2 \pi f_2),$$

где f_2 - коэффициент трения между нитью и цилиндрами *1*; P - сила растяжения нити; P_0 - натяжение нити в зоне фильерной вытяжки.

Рабочая длина цилиндра

$$l_р = (K_в - 1)\, h_{ср},$$

где $h_{ср}$ - средний шаг заправленных витков.

Если оси вращающихся цилиндров *1* пересекаются под углом α при одинаковых диаметрах, то средний шаг витков

$$h_{ср} = A_{ср} \operatorname{tg}\alpha,$$

где $A_{ср}$ - среднее межосевое расстояние.

Термофиксационные камеры (табл. 3.1.15). Эти камеры предназначены для нагревания термопластичных нитей до температуры, при которой в них возникают пластические деформации, фиксируемые при последующем охлаждении. Их подразделяют на контактные и бесконтактные (рис. 3.1.35). В контактных камерах нагревание нити происходит при ее соприкосновении с нагретой поверхностью утюга, а в бесконтактных нагревание нити осуществляется горячим воздухом или инфракрасными лучами.

Высокотемпературный органический теплоноситель *10* (динил), кипящий при работе нагревателя *9*, конденсируясь, обогревает стенку и рабочую поверхность камеры (рис. 3.1.35, *б*). Образующийся конденсат стекает по стенкам и каналу конденсатора *7* к нагревателю, где вновь испаряется. Температура регулируется процессором *8* с помощью датчика. По методу обогрева контактной поверхности камера называется конденсационной.

3.1.15. Техническая характеристика термофиксационных камер

Параметры	DCS 1200 B	ТВ-2	ЛМП-80
Материал нити	Поликапроамид	Полиэфир	Поликапроамид
Линейная плотность нити, текс	4,4 ÷ 33,0	3,3 ÷ 18,7	8,94 ÷ 894
Скорость нити, м/мин	750	475	100
Длина камеры, м	2,5	2,0	3,0
Масса, кг	33,2	38,5	160
Число обрабатываемых нитей	6	2	80
Тип теплопередачи	Контактный		Конвективный
Срок службы, лет, не менее	10	10	10
Процесс	Текстурирование		Термофиксация
Температура, °С	160 ÷ 250	150 ÷ 210	150 ÷ 250
Установленная мощность на одну камеру, кВт	1,97	0,66	26
Энергопотребление на одну камеру, кВт	1,14*	0,2**	19
Тип обогрева камеры	Конденсационный	Электрический	

* Для полиамидной нити "Эластик" 7,8 текс.

** Для полиэфирной нити 18,7 текс.

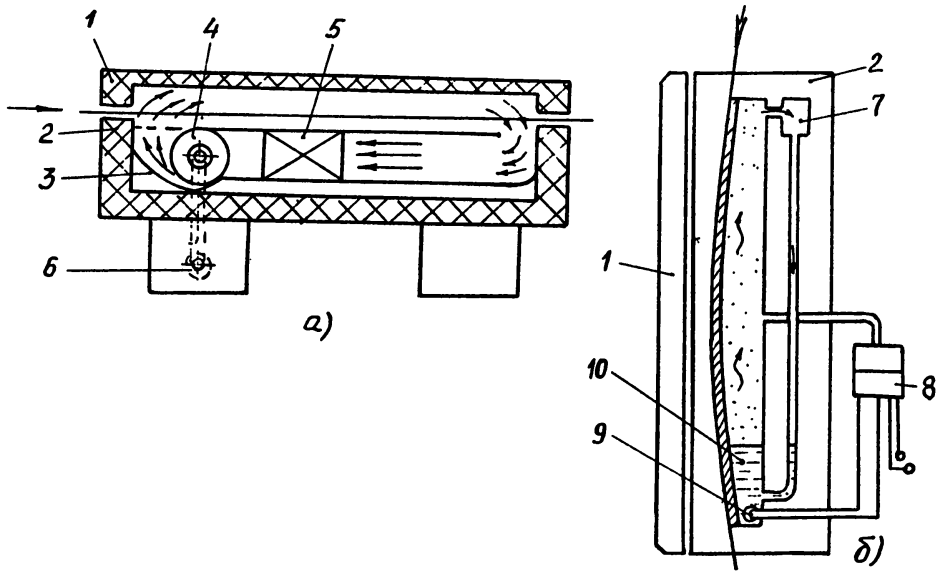


Рис. 3.1.35. Схемы термофиксационных камер:
а - бесконтактной; *б* - контактной;
1 - крышка; *2* - корпус; *3* - сетка; *4* - вентилятор; *5* - калорифер; *6* - электродвигатель; *7* - конденсатор; *8* - процессор; *9* - нагреватель; *10* - теплоноситель

Текстурирующие устройства. Они предназначены для придания гладким нитям объемности, извитости или растяжимости. Наибольшее распространение получило текстурирование с использованием устройств ложного кручения (рис. 3.1.36). Комплексная нить *1* (рис. 3.1.36, *а*) подается питающей парой *2* в зону кручения *I*, расположенную между питающей парой *2* и устройством *4* ложного кручения. При этом нить получает крутку направления *Z* (или *S* в зависимости от направления вращения рабочего органа устройства ложного кручения), которая фиксируется в термокамере *3*. В зоне *II* нить принудительно раскручивается и в таком виде выводится парой роликов *5*. Нить, выходящая после такой обработки, хотя и будет раскрученной, но витки крутки *Z* (или *S*) останутся в ней зафиксированными, и она сохранит полученную форму.

Устройства ложной крутки выполняют роторного или фрикционного типа. Устройства роторного типа состоят из ротора (вьюрка) диаметром 2 ÷ 6 мм (рис. 3.1.36, *б*). Конструкции роторов различных типов принципиально не отличаются друг от друга (различие состоит лишь в габаритах, форме и материале ротора). Основное отличие крутильных устройств этого типа - в способах фиксации ротора и сообщения ему вращательного движения. Наиболее распространенные способы фиксации роторов - магнитные и газодинамические. Рабочая частота вращения роторов достигает 1,8 ÷ 2,0 млн. мин$^{-1}$.

В роторном устройстве нить вращается вокруг оси с частотой ротора. Число кручений

$$K = n_p / v,$$

где n_p - частота вращения ротора; v - продольная скорость нити в осевом отверстии ротора.

В механизмах ложного кручения фрикционного типа нить на дуге обхвата контактирует с фрикционной рабочей поверхностью крутильного элемента. Заданное число кручений нити подбирается опытным путем. В качестве фрикционных элементов используют профильные бесконечные ремни, втулки или кольца, диски, цилиндры или их комбинации. Диаметр фрикционного диска 40 ÷ 60 мм, толщина 4 ÷ 12 мм. В качестве фрикционных материалов для покрытия крутильных элементов применяют полиуретан, керамику, алюминий с упрочненной рабочей поверхностью (например, алмазно-никелевые покрытия, оксиды алюминия и хрома). Крутильные устройства фрикционного типа обеспечивают скорость выпуска текстурированной нити до 4000 м/мин.

Устройства фрикционного типа делят на пять групп: с крутильными элементами в виде втулок или колес (рис. 3.1.36, *г*); многодисковые (рис. 3.1.36, *в*); с крутильными элементами в виде ремешков (рис. 3.1.36, *д*); плоскодисковые (рис. 3.1.36, *е*); с винтовыми поверхно-

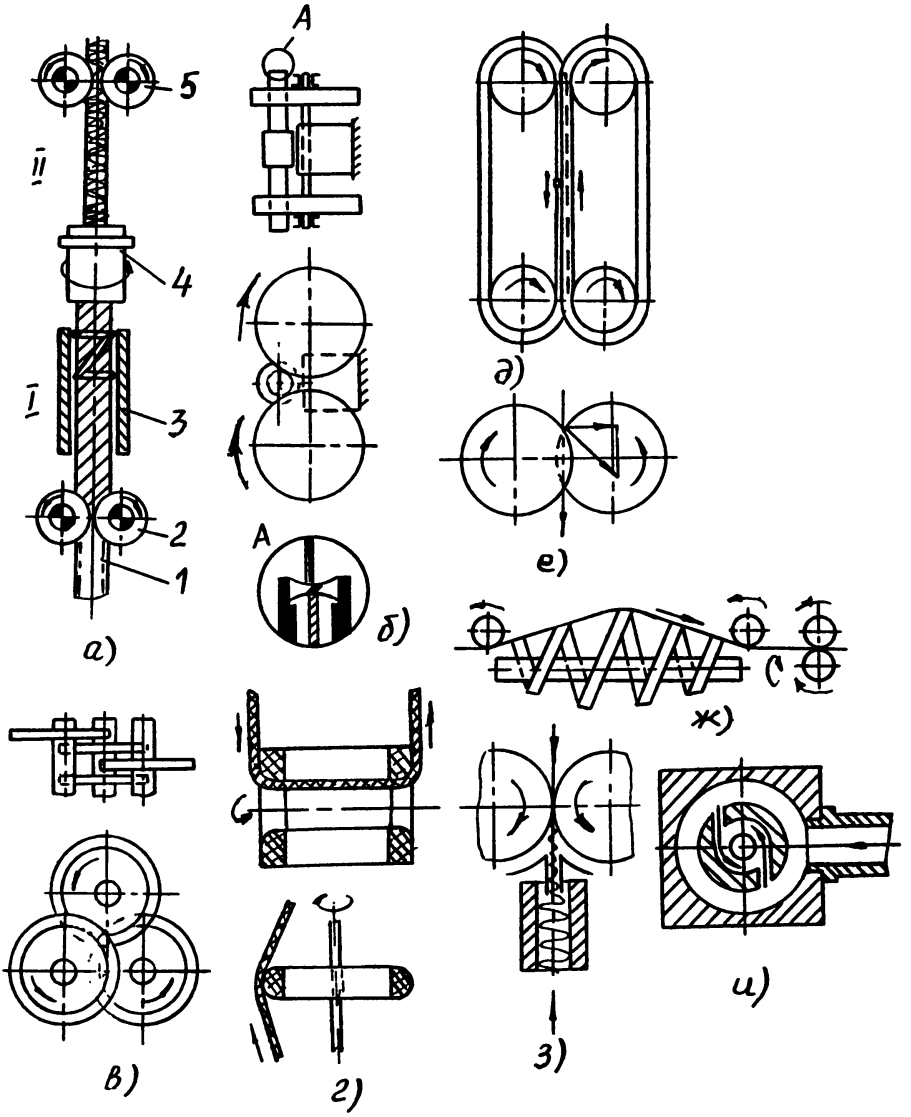


Рис. 3.1.36. Устройства ложного кручения

стями (рис. 3.1.36, *ж*). Наибольшее распространение получили трехшпиндельные устройства с девятью фрикционными дисками.

Устройства для текстурирования методом гофрирования (рис. 3.1.36, *з*) применяют в основном для нитей коврового ассортимента.

По принципу действия их делят на две группы: периодического и непрерывного действия. Устройства периодического действия из-за низкой производительности широкого применения не нашли. Устройства непрерывного действия классифицируют: по способу подачи нити в камеру прессования - механическая напрессовывающими валиками и пневматическая подача; по конструкции камеры прессования - без принудительного движения и с принудительным движением спрессованной массы; при этом камеры с принудительным движением массы выполняют с неподвижными или подвижными стенками, которые служат непосредственно механизмом перемещения спрессованной массы.

Наибольшее распространение получили устройства непрерывного действия с механической подачей нити в камеру. Пневматиче-

ская подача нити применяется редко из-за высокого уровня шума.

В качестве устройства текстурирования нити аэродинамическим способом служат аэродинамические форсунки (рис. 3.1.36, *и*). Аэродинамические форсунки различных зарубежных фирм отличаются по конструктивному оформлению, габаритам и удобству обслуживания, но характерным и определяющим является наличие зоны с высокой турбулентностью воздушного потока, в которой осуществляется процесс образования петлистой структуры комплексных нитей.

Форсунки работают при встречном и попутном движении нити и воздуха. В последнем случае форсунки работают при сверхзвуковой скорости воздушного потока, что более эффективно.

Наиболее производительный способ прессования применяют на гофрировочных машинах ГМ-3Л и ГШ-4-ИЗ (рис. 3.1.37).

Гофрирующий механизм машины ГМ-3Л содержит два подающих жгут цилиндра *3*, *4* с одинаковыми номинальными размерами, горизонтально расположенную камеру прессования прямоугольного сечения, состоящую из трех неподвижных плит *5* и одной подвижной плиты *6*, пневматические нагружающие устройства *9* и *10*. В гофрировочном механизме машины ГШ-4-ИЗ камера прессования расположена вертикально. Подвижная плита *6* имеет рычажно-грузовое нагружение. Сила сжатия жгута цилиндрами *4* и *3* создается пневматическим устройством *9*.

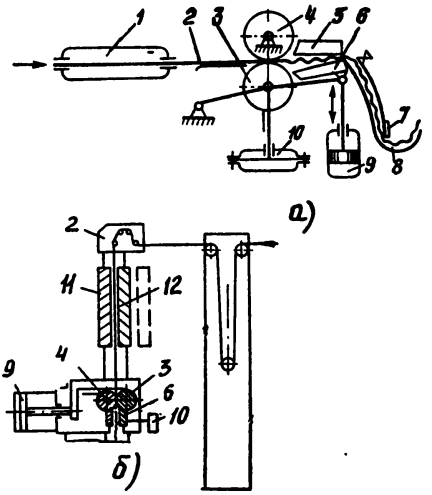


Рис. 3.1.37. Схемы гофрировочных машин:
а - ГМ-3Л; *б* - ГШ-4-ИЗ;
1 - паровая камера; *2* - направляющий стол (устройство); *3*, *4* - питающие цилиндры; *5* - неподвижные плиты; *6* - подвижная плита; *7* - грузовой клапан; *8* - лоток; *9*, *10* - нагружающие устройства; *11*, *12* - нагревательные плиты

Нити жгута подвергаются продольному изгибу в начале камеры прессования силой (без учета веса отрезка жгута длиной h)

$$F_{кр} = 20\,EJ / h^2,$$

где E - модуль упругости жгута; J - наименьший момент инерции живого поперечного сечения максимально сжатого плоского жгута; h - длина условного отрезка жгута, подвергающегося продольному изгибу, один конец которого зажат вращающимися цилиндрами, а другой - имеет шарнирную опору.

Минимально возможная длина одного гофра $h = \pi\,\delta$ (δ - толщина сжатого жгута). Нити в гофрируемом плоском (в виде ленты) жгуте не разрушаются в зоне максимального поперечного сжатия, если радиальный зазор Δ между питающими цилиндрами равен минимально допустимой толщине δ предельно сжатого жгута,

$$\Delta = \delta \geq 1{,}1\,T / (\rho\,l),$$

а нормальная сила, сжимающая жгут, при ширине контактной полоски в зоне сжатия цилиндрами $b = 1{,}6\,\sqrt{Tr/(\pi\rho l)}$ не превышает допустимого значения

$$[P] = 1{,}4\sigma_B l\sqrt{Tr/(\pi\rho l)},$$

где T - линейная плотность жгута, состоящего из множества бесконечной длины нитей; для полиэфирного жгута $T = 30 \div 100$ ктекс при числе $(2 \div 5)\cdot 10^5$; ρ - объемная плотность нити; l - ширина плоского жгута в зоне сжатия цилиндрами; r - радиус питающего цилиндра; $\sigma_в$ - предел прочности нити на смятие.

Необходимая сила трения между жгутом и питающими цилиндрами

$$F_f = 2Pf = F_{кр} + Q_0 \leq f\,[P],$$

где P - действительная нормальная (радиальная) сила между жгутом и цилиндрами; $P = (F_{кр} + Q_0) / (2f) \leq [P]$; $Q_0 = \text{const}$ - сила натяжения жгута на входе в радиальный зазор Δ питающих цилиндров; f - коэффициент трения между жгутом и рабочими поверхностями цилиндров; значение f должно быть равно или меньше коэффициента трения скольжения между нитями жгута.

Сгофрированный жгут проталкивается силой $F_{кр}$ через прямоугольное отверстие термофиксационной камеры. Высоту h_1 этого отверстия следует брать на 5 ÷ 10 % больше общей высоты 2δ спрессованного гофра.

Длина камеры, в которой одновременно происходит гофрирование, прессование и термофиксация гофров,

$$l_1 = T \mathrm{v}\, t_1 / (\rho_1 l h_1),$$

где v - скорость подачи жгута питающими цилиндрами; t_1 - время предварительной термофиксации гофров в камере прессования; $\rho_1 = (0{,}80{+}0{,}85)\rho$ - объемная плотность сгофрированного и спрессованного жгута, находящегося в камере прессования.

Давление сгофрированного и спрессованного жгута на внутренние стенки камеры прессования при установившемся режиме гофрирования (h = const, ρ_1 = const, f_1 = = const, h_1 = const, Q_0 = const, $F_{кр}$ = const)

$$p = 20\, E J / ((l + h_1)\, l_1\, h^2 f_1),$$

где f_1 - коэффициент трения между сгофрированным жгутом и внутренними стенками камеры прессования; J =0,076 $l\, \delta^3$ - минимальный момент инерции живого поперечного течения сжатого жгута.

Горизонтально расположенная подвижная плита, равномерно нагружающая сгофрированный жгут, должна давить на этот жгут силой

$$P_1 = 20\, E J l / ((l + h_1)\ h^2 f_1).$$

С такой же силой должна прижиматься к сгофрированному жгуту подвижная плита при вертикальном расположении камеры прессования.

Гофрирующие механизмы должны иметь устройства для регулирования сил P и P_1, существенно влияющих на размеры гофра.

При проектировании гофрирующего механизма можно путем подбора радиуса r питающих цилиндров добиться равенства сил P и P_1 при прочих равных условиях.

На машине ГМ-3Л, входящей в состав агрегата для производства химических волокон, гофрируют полиэфирный (лавсановый) жгут: T = 30 + 100 ктекс, v = 1,7 + 7 м/с, ρ = = 1380 кг/м^3, l = 110 + 150 мм, r = 55 мм, σ_B = 400 + 580 МПа, E = 1300 + 2900 МПа.

На машине ГШ-4-ИЗ, входящей в состав агрегата для производства нитроновых волокон, гофрируют полиакрилонитрильный жгут: T = 40 + 80 ктекс, ρ = 1170 кг/м^3, σ_B = 210 + 420 МПа, E = 350 + 2100 МПа, v = 0,33 + 0,66 м/с, l = 100 мм, r = 50 мм.

Нитеносители. Они предназначены для наматывания на них нитевидных материалов (нити, ровницы, ленты, жгута и т.д.).

Нитеносители устанавливают на бобинодержателях или веретенах формовочных машин и машин для подготовки химических нитей к текстильной переработке. Размеры нитеносителей зависят от общей высоты намотки, массы намотанной нити, конструкции посадочных элементов бобинодержателей или веретен. Масса нитей на нитеносителях достигает 32 кг и более. Форму нитеносителя выбирают из условия максимального использования полезного объема, легкого схода нити при сматывании, получения устойчивой равновесной паковки и нити с одинаковыми физико-механическими свойствами. Материалы нитеносителей зависят от способа обработки нити на нитеносителе, от физико-механических свойств нити и кинематических параметров процесса наматывания.

На формовочных машинах и машинах для подготовки нитей к текстильной переработке в качестве нитеносителей применяют: центрифугальные кружки; патроны сплошные. с отверстиями, гладкие и со вставками; конические; катушки однофланцевые и двухфланцевые.

На рис. 3.1.38, *а* представлена кружка электроцентрифуги, состоящая из корпуса с днищем *1* и ступицы *2*. Корпус кружки конической формы облегчает выемку наработанного кулича. В верхней части корпуса имеется кольцевой паз для резинового кольца, предназначенного для крепления крышки. Отверстия *3* служат для выхода отжимаемой жидкости. В ступицу кружки запрессована бронзовая втулка, предназначенная для посадки кружки на вал электроверетена. Кружки изготовляют из алюминия или бакелита. Масса кулича не превышает 1,2 кг. Размеры кружек: l = 80 + 170 мм; d = 150 + 190 мм; L = 200 + 250 мм.

Цилиндрические патроны представляют собой полый тонкостенный цилиндр (рис. 3.1.38, *б* - *г*) из металла, прессованного картона или пластмассы с завальцованными краями. Патроны из прессованного картона без отверстий применяют на машинах для формования нитей из расплавов полимеров. Вставки в цилиндрических патронах предусмотрены для установки патронов на веретенах и для повышения жесткости конструкции.

Патроны с отверстиями предназначены для отделки и крашения нитей на паковке. Их применяют на машинах для формования нитей из растворов полимеров (вискозных, хлориновых). Вискозные нити наматывают на патроны, штампованные из алюминия и покрытые бакелитовым лаком для защиты от коррозии. При наматывании хлориновых нитей стальные патроны с отверстиями покрывают бакелитовым лаком. На крутильно-этажных машинах для синтетических нитей применяют алюминиевые патроны, покрытые эпоксидным лаком, с отверстиями диаметром 3 + 4 мм. Коническая форма патронов облегчает сход нити при сматывании (рис. 3.1.38, *д*, *е*).

Катушки с фланцами (рис. 3.1.38, *ж* - *и*) применяют при наматывании нитей с углом

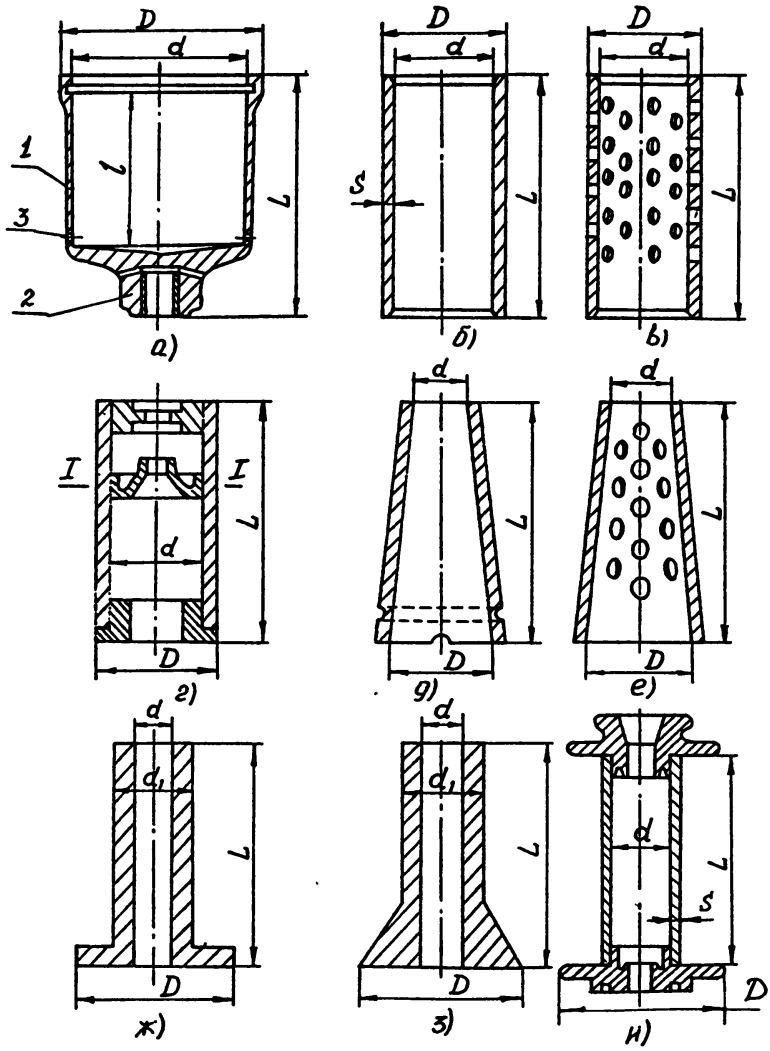


Рис. 3.1.38. Нитеносители

перекрещивания витков меньше 5°. Их изготовляют из дерева, металла, пластмасс, а ствол и фланцы катушек - как одно целое или отдельно из одного и того же или разных материалов. Фланцы скрепляют со стволами катушек клеем или винтами.

Техническая характеристика нитеносителей основных типов приведена в табл. 3.1.16.

Нитеносители рассчитывают на прочность, жесткость и устойчивость. Основными нагрузками являются давление, создаваемое наматываемой нитью, и центробежные силы. Нитеносители без фланцев (рис. 3.1.38, *б*, *в*, *д*, *е*) можно рассчитывать как оболочки вращения, нагруженные равномерно распределенным внешним радиальным давлением от намотанной нити. При наличии у нитеносителей фланцев (рис. 3.1.38, *и*) кроме радиального давления (0 ÷ 50 МПа) возникает осевое, воспринимаемое фланцами. Давление, создаваемое намотанной нитью, можно определять теоретически или экспериментально. Суммарная осевая сила достигает 10^4 Н.

Для цилиндрического патрона со вставкой (рис. 3.1.38, *г*) наиболее напряженным является сечение *I* - *I*. Суммарные меридианные σ_r и окружные σ_φ напряжения в этом сечении:

3.1.16. Техническая характеристика нитеносителей основных типов

Наименование	Размеры, мм				Материал	Машины
	L	*d*	*D*	*S*		
Патроны цилиндрические гладкие	50÷450	12,5÷180	-	1÷14	Текстолит, волокнит, прессованный картон, алюминиевые сплавы (Д16Т, Д16), коррозионностойкая сталь	Формовочные крутильно-вытяжные, крутильные, тростильно-крутильные, текстурирующие
Патроны цилиндрические перфорированные	140÷240	33÷124	-	1÷4	Бумага, пластмассы, коррозионностойкая сталь, алюминиевые сплавы (Д16Т, Д16)	Формовочные крутильно-этажные машины, перемоточные, текстурирующие
Патроны цилиндрические со вставками	340÷470	-	50	2,25	Алюминиевые сплавы (Д16Т, Д16),	Крутильно-вытяжные
Патроны конические	145÷340	33÷44	63÷104	1÷4	Пластмасса, бумага, алюминиевые сплавы (АЛ2)	Бобинажно-перемоточные, крутильно-вытяжные, мотальные
Катушки двухфланцевые	110÷330	22÷50	60÷155	1÷4	Фланец - волокнит, алюминиевые сплавы (Д16Т, АЛ2) Ствол - алюминиевые сплавы (Д16Т, Д1Т),	Крутильно-этажные, тростильно-крутильные, крутильные однопроцессные

$$\sigma_r = \frac{p}{\beta\delta(1+\alpha)}\left(\frac{3}{\beta\delta}-1\right);$$

$$\sigma_\varphi = p\frac{r_в}{\delta}\left(\frac{3\mu}{\beta^2\delta r_в(1+\alpha)}-1\right),$$

где $\beta = \frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{r_в\delta}}$; $\alpha = \frac{2\nu E\delta}{r_в^2\beta}$; μ, E - упругие постоянные материала нитеносителя; δ - толщина стенки нитеносителя; $r_в$ - внутренний диаметр нитеносителя.

Радиальное смещение вставки и ствола

$$W = -\frac{2p\nu}{\beta(1+\alpha)},$$

где p - давление, создаваемое намотанными нитями, Па; ν - податливость вставки, Па$^{-1}$.

В двухфланцевых катушках (рис. 3.1.38, *и*) наиболее напряженными являются точки, расположенные в местах сопряжения ствола со втулкой и фланца со втулкой. При жесткости втулки, значительно превышающей жесткость ствола и фланцев, условие прочности для точек, расположенных в местах сопряжения ствола и втулки имеет вид

$$\sigma_{max} = \sqrt{1-\mu+\mu^2}\,\frac{1}{\delta_1}\left\{S\left[1+\frac{3\mu}{\sqrt{3(1-\mu^2)}}\right]+\frac{3pr}{\sqrt{3(1-\mu^2)}}\right\},$$

где S - суммарная осевая сила, действующая на фланцы, Н; δ_1 - толщина стенки ствола катушки, м; r - средний радиус ствола катушки, м.

Условие прочности конического патрона

$$\frac{R\sigma_n(R)\mathrm{ctg}\varphi}{S\sigma_c} \le 1,$$

где φ - угол, характеризующий конусность; R - радиус большого основания конуса; $\sigma_n(R)$ - нормальное давление нитей у большого основания конуса; σ_c - допускаемое напряжение на сжатие для материала патрона.

Бобинодержатель. Это устройство предназначено для размещения, фиксирования, центрирования, зажатия и удержания пустотелых нитеносителей цилиндрической и конической форм. Бобинодержатель применяют на формовочных, крутильных, крутильно-вытяжных, мотальных, перемоточных и текстурирующих машинах. Частота вращения ротора достигает 20 000 мин$^{-1}$.

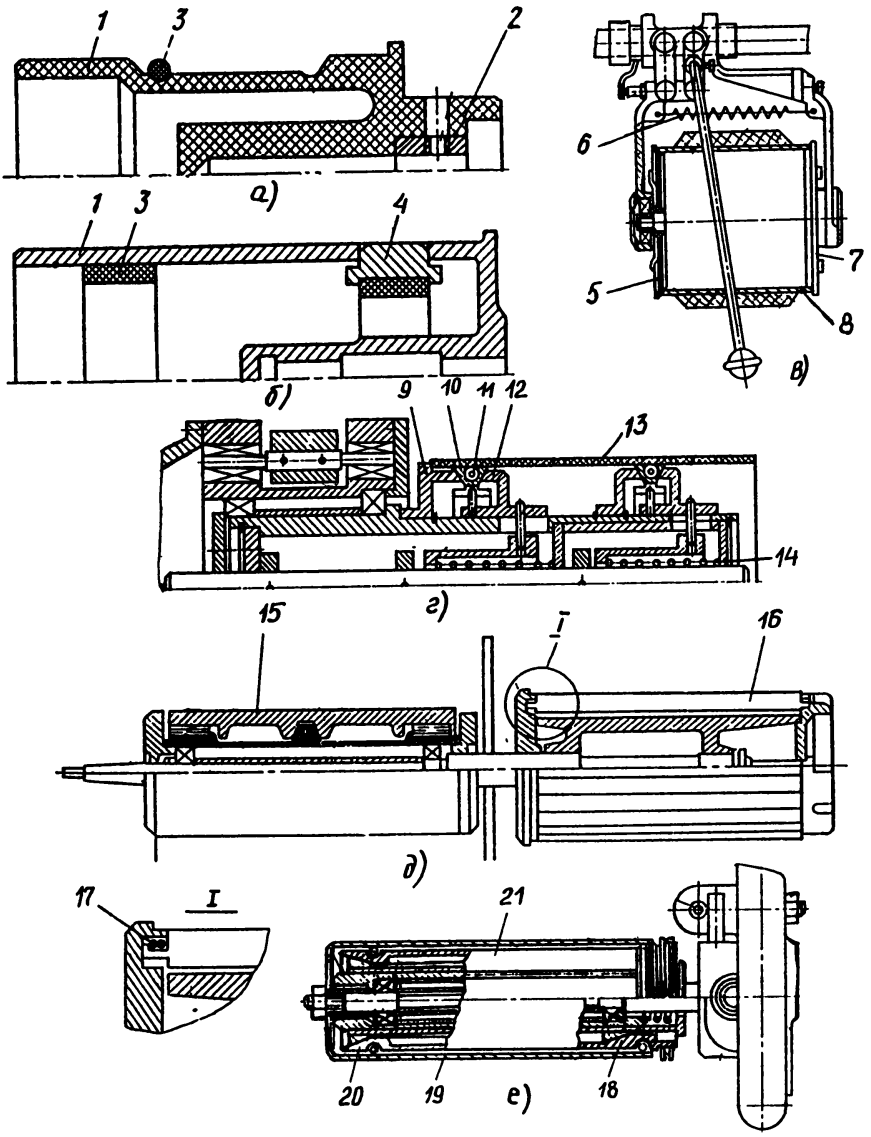


Рис. 3.1.39. Бобинодержатели формовочных машин:
а - с зажимающим резиновым кольцом; *б* - с подпружиненными кулачками; *в* - с зажимающими коническими дисками; *г* - с зажимающими кулачками; *д* - высокоскоростной с зажимающими пластинами; *е* - с цанговым зажимом нитеносителя

На рис. 3.1.39, *а*, *б* приведены схемы бобинодержателей формовочных машин мокрого формования. На стакан *1* надевается нитеноситель, который фиксируется буртиком и зажимается резиновым кольцом *3* (3.1.39, *а*). Металлическая втулка *2*, запрессованная в отверстие, предназначена для закрепления бобинодержателя на консоли приводного вала.

В стенке стакана *1* (3.1.39, *б*) имеется шесть радиальных отверстий для размещения в них кулачков *4*, подпружиненных изнутри резиновыми кольцами *3* и предназначенных для зажима нитеносителя. При вращении ротора кулачки *4* зажимают нитеноситель с силой

$$N_3 = (m_1 r_1 + r_2 c_1 b_1 h \rho_2) z \omega^2,$$

где m_1 - масса кулачка; r_1 - расстояние от оси вращения стакана *1* до центра тяжести кулачка *4*; c_1 - длина радиальной щели; b_1 - ширина резинового кольца; h - толщина кольца; r_2 - средний радиус кольца; ρ_2 - плотность резины; ω - угловая скорость стакана; z - число кулачков.

Значения суммарной силы трения покоя F_3 между нитеносителем и всеми зажимными звеньями (кулачками, пластинами, резиновыми кольцами, спиральными пружинами), исключающей произвольное осевое смещение нитеносителя при заданной скорости наматываемой нити и заданной массе m паковки, а также обеспечивающей вращение нитеносителя без проскальзывания относительно зажимных элементов, приведены ниже.

v, м/с...	0 ÷ 10	10 ÷ 15	15 ÷ 25	Более 25
m, кг....	0,5 ÷ 2	2 ÷ 3	3 ÷ 5	Более 5
F_3, Н...	15 ÷ 20	20 ÷ 30	30 ÷ 50	Более 50

В бобинодержателе, показанном на рис. 3.1.39, *в*, фиксирование, центрирование, зажатие и удерживание нитеносителя осуществляются двумя соосными коническими дисками *5*, *7*, изготовленными из карболита. Левый диск с помощью пружины *6* должен зажимать нитеноситель *8* с осевой силой Q, гарантирующей безусловное выполнение бобинопосителем всех перечисленных выше функций:

$$Q = (1{,}5 \div 2)\,(N_\Phi + P)\,\frac{\sin\alpha + f\cos\alpha}{\cos\alpha + f\sin\alpha},$$

где N_Φ - нормальная сила прижима тела намотки к фрикционному цилиндру; $P = m\omega^2 e$; m - масса нитеносителя и намотанной нити; ω - угловая скорость нитеносителя; $e \approx 1$ мм - смещение центра тяжести нитеносителя и тела намотки от оси вращения; $10° \le \alpha \le 20°$ - угол наклона образующей конического диска к его оси вращения; f - коэффициент трения скольжения между нитеносителем и зажимающими дисками.

Пружина *6* при этом создает силу

$$P_{пр} = Q\,b\,/\,a,$$

где a и b - плечи до сил $P_{пр}$ и Q.

Во время разгона (пуска) бобинодержателя, расположенного сверху фрикционного цилиндра, минимальная нормальная сила

$$N_\Phi = \frac{Tr + J\varepsilon + A(G + C)}{rf - k_1 + A},$$

где $A = (1{,}30 \div 1{,}46)\,(1 + r_2 / r_1)\,k$; G - вес вращающихся звеньев бобинодержателя; T - натяжение нити на участке точка наматывания - глазок нитеводителя; J - суммарный динамический момент инерции вращающихся масс (тела намотки, нитеносителя, конических дисков, наружных колец шарикоподшипников); ε - угловое ускорение бобинодержателя при пуске; $\varepsilon = \frac{\pi\omega_p}{2t_п}$; ω_p - рабочая угловая скорость бобинодержателя; $t_п$ - время пуска; k_1 - коэффициент трения качения между телом намотки и фрикционным цилиндром; k - коэффициент трения качения стального закаленного шарика по стальному закаленному кольцу, k =0,008 мм; r_1 - радиус шарика; r_2 - радиус отверстия наружного кольца шарикоподшипника; $C = P$.

Если оси фрикционного цилиндра и бобинодержателя расположены на одной горизонтали, то оптимальное значение нормальной силы между ними при T, направленной вверх,

$$N_\Phi = \frac{Tr + J\varepsilon + A(G + C - T)}{kf - k_1 - A}.$$

В высокоскоростном бобинодержателе (рис. 3.1.39, *г*) зажим нитеносителя осуществляется шестью подвижными в радиальном направлении металлическими кулачками *10*, размещенными в кольцевых каналах, образованных коническими поверхностями дисков *9* и *12*. Поясковые спиральные пружины *11* удерживают кулачки *10* в кольцевых каналах, а пружины *14* обеспечивают зажим нитеносителя.

Суммарная радиальная сила между нитеносителем и зажимными звеньями бобинопосителя в период наматывания нити

$$N_3 = 6m_1\omega^2 r - 4\pi Q_1 + 4Q_2(\cos\alpha - f_2\sin\alpha)\sin\alpha,$$

где m_1 - масса одного кулачка; r - расстояние от оси вращения нитеносителя до центра тяжести кулачка; Q_1 - осевая сила поясковой пружины *11*; Q_2 - осевая сила пружины *14*; f_2 - коэффициент трения скольжения между кулачком *10* и дисками *9* и *12*; ω - угловая скорость нитеносителя; $25° \le \alpha \le 30°$ - угол наклона образующей конуса к оси диска *9* или *12*.

С учетом требований техники безопасности сила поясковой пружины *11* при любой угловой скорости бобинодержателя должна обеспечивать непрерывный контакт кулачков с дисками с силой

$$Q_1 \ge 0{,}75\, m_1\, \omega_{max}^2\, r,$$

а сила осевой пружины

$$Q_2 = \frac{F_э / f + 3m_1\, \omega_{max}^2\, r}{4(\cos\alpha - f_2 \sin\alpha)\sin\alpha}.$$

Если нитеноситель изготовлен в виде тонкой бумажной оболочки *15*, то зажим его осуществляется с помощью множества подпружинных тонких меридиональных пластин *16* (рис. 3.1.39, *д*), образующих круглую цилиндрическую поверхность вращения. Радиальное фиксирование этих пластин обеспечивается специальными кольцами *17*, к внутренним поверхностям которых пластины прижаты концами.

В бобинодержателе цангового типа (рис. 3.1.39, *е*) зажим цилиндрического нитеносителя *19* осуществляется тремя взаимно не связанными сегментами *20*, *21*, перемещающимися в радиальном направлении по направляющим шпилькам. Сегменты внутренними коническими поверхностями контактируют с двумя коническими поясками втулки *18*, перемещающейся в осевом направлении. Втулку перемещают влево перед съемом паковки и установкой сменного нитеносителя и вправо - при зажиме нитеносителя.

В бобинодержателе цангового типа перемоточных машин зажим конического нитеносителя осуществляется четырьмя лепестками одной полуразрезанной упругой втулки. Разжим лепестков осуществляется коническими поясками втулки, а прижим лепестков упругой втулки к коническим пояскам - двумя поясковыми пружинами.

Электроверетено (рис. 3.1.40). Оно предназначено для сообщения вращательного движения нитеносителю, установленному на верхнем конце шпинделя, соединенного с ротором высокоскоростного электродвигателя, на формовочных (центрифугальных, кольцевых) и на бескольцевых крутильных машинах. Синхронная частота вращения ротора электродвигателя (мин$^{-1}$)

$$n_р = 60 f / P,$$

где f = 100 ÷ 400 Гц - частота переменного тока питания; P = 1 - число пар полюсов в статоре электродвигателя.

Электроверетено выполняют с жестким или гибким шпинделем. В первом случае нижний конец шпинделя *2* шарнирно соединен с пустотелым ротором *3* электродвигателя, а верхняя шарикоподшипниковая опора *1* шпинделя подпружинена и является упругоподатливой в радиальном направлении (рис. 3.1.40, *а*). Во втором случае нижний конец тонкого шпинделя имеет конусное соединение с пустотелым ротором электродвигателя или шпиндель *2* выполнен как одно целое с валом ротора (рис. 3.1.40, *б*).

Электроверетено с гибким валом работает с частотой вращения, превышающей основную частоту собственных поперечных колебаний шпинделя с учетом насадок, нитеносителя и намотанной нити:

$$n_{1кр} = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{A + D - \sqrt{(A+D)^2 - 4(AD - CB)}}{2(AD - CB)}},$$

где $A = a_{11}m_{пр} - a_{11}m_к - k\alpha_{11}m_к$; $B = -a_{11}km_к - k^2\alpha_{11}m_к + \alpha_{11}(J_0 - J_s)$; $C = b_{11}m_{пр} + b_{11}m_к + k\beta_{11}m_к$; $D = b_{11}km_к + k^2\beta_{11}m_к - \beta_{11}(J_0 - J_s)$; a_{11}, b_{11} - коэффициенты влияния на прогиб и угол поворота конца шпинделя от центробежных сил масс $m_{пр}$ и $m_к$; α_{11}, β_{11} - коэффициенты влияния на прогиб и угол поворота конца шпинделя от гироскопического момента; $m_{пр} = 33m_ш/140$ - приведенная масса шпинделя; $m_ш$ - масса шпинделя; $m_к$ - масса кружки и тела намотки; k - расстояние от центра тяжести кружки до точки приведения массы $m_{пр}$; J_0 - момент инерции массы кружки совместно с массой тела намотки и массой шпинделя относительно оси вращения; J_s - момент инерции массы кружки и тела намотки относительно оси, перпендикулярной оси вращения шпинделя и проходящей через центр тяжести кружки.

Рабочая частота вращения гибкого шпинделя должна быть выше $n_{1кр}$: $n_р \ge (1{,}3 \div 1{,}4)\, n_{1кр}$.

Частота вращения жесткого шпинделя меньше основной частоты собственных поперечных колебаний этого шпинделя:

$$n_р \le (0{,}75 \div 0{,}80)\, n_{1кр},$$

где $n_{1кр}$ - основная частота собственных поперечных колебаний шпинделя; $n_{1кр} = \frac{30}{\pi} \times$

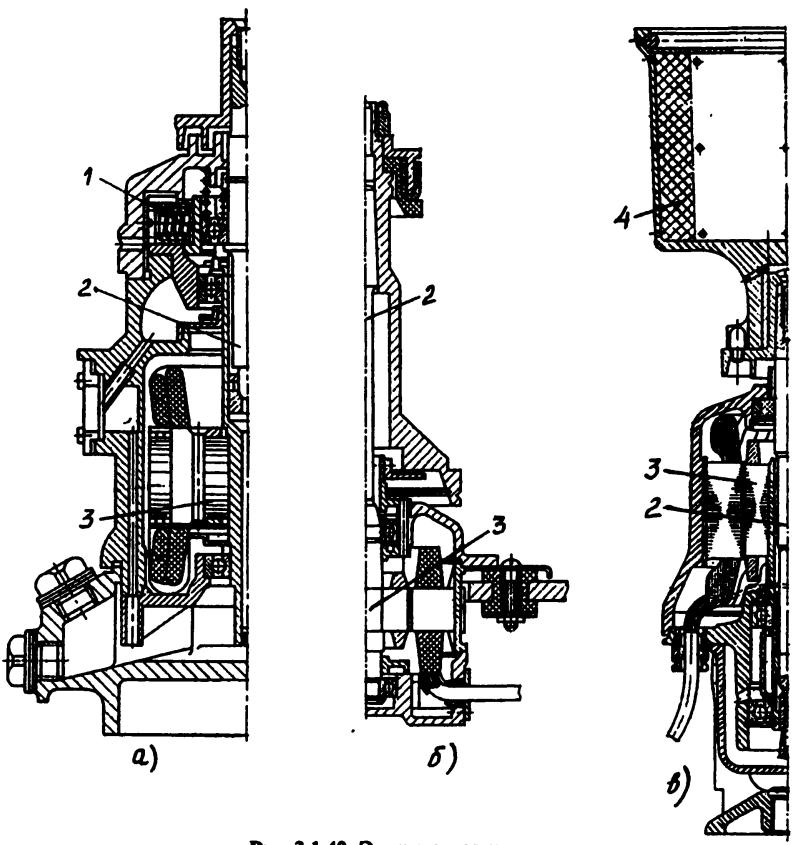


Рис. 3.1.40. Электроверетена:
а - с жестким шпинделем; *б* - с гибким шпинделем; *в* - электроцентрифуга

$\times \sqrt{\frac{\mu a^2 \pm mgh}{m\left(a^2 - b^2\right)}}$; $\mu = 3\mu_0$ - приведенный коэффициент упругости шести радиально расположенных спиральных пружин с угловым расстоянием 60°; μ_0 - коэффициент упругости на сжатие одной спиральной пружины; m - масса кружки и тела намотки; h - расстояние от центра тяжести кружки до точки качания шпинделя; g - ускорение свободного падения; a, b - радиусы инерции массы m; $a = \sqrt{J_1/m}$; $b = \sqrt{J_0/m}$; J_1 и J_0 - моменты инерции массы кружки относительно оси качания и оси вращения шпинделя.

В электроцентрифуге в качестве нитеносителя используют кружку *4*, установленную на верхнем конце шпинделя (рис. 3.1.40, *в*). Соединение кружки со шпинделем жесткое или фрикционное. Знак плюс берут при вертикальном расположении оси шпинделя и кружкой, расположенной внизу, а знак минус - с кружкой наверху.

В электровереtене используют трехфазный асинхронный двухполюсный электродвигатель с короткозамкнутым ротором и вертикальным валом, мощностью 35 ÷ 200 Вт. Частота вращения вала электородвигателя 3000 ÷ 16 000 мин$^{-1}$. Напряжение тока питания 40 ÷ 135 В.

При применении электородвигателя с неподвижным якорем нитеноситель устанавливают на верхнем конце удлиненного вращающегося статора.

Механизмы раскладки нити. Эти устройства предназначены для сообщения нитеводителю заданной скорости вдоль оси вращения тела намотки (0,001 ÷ 50 м/с) на формовочных, прядильных, крутильных, тростильных, крутильно-вытяжных, мотальных, перемоточных и текстурирующих машинах.

По конструктивным признакам механизмы раскладки делят на одно- и двухкулачковые без устройства и с устройством для дополнительного смещения нитеводителя по оси вращения нитеносителя, безынерционные и бескулачковые.

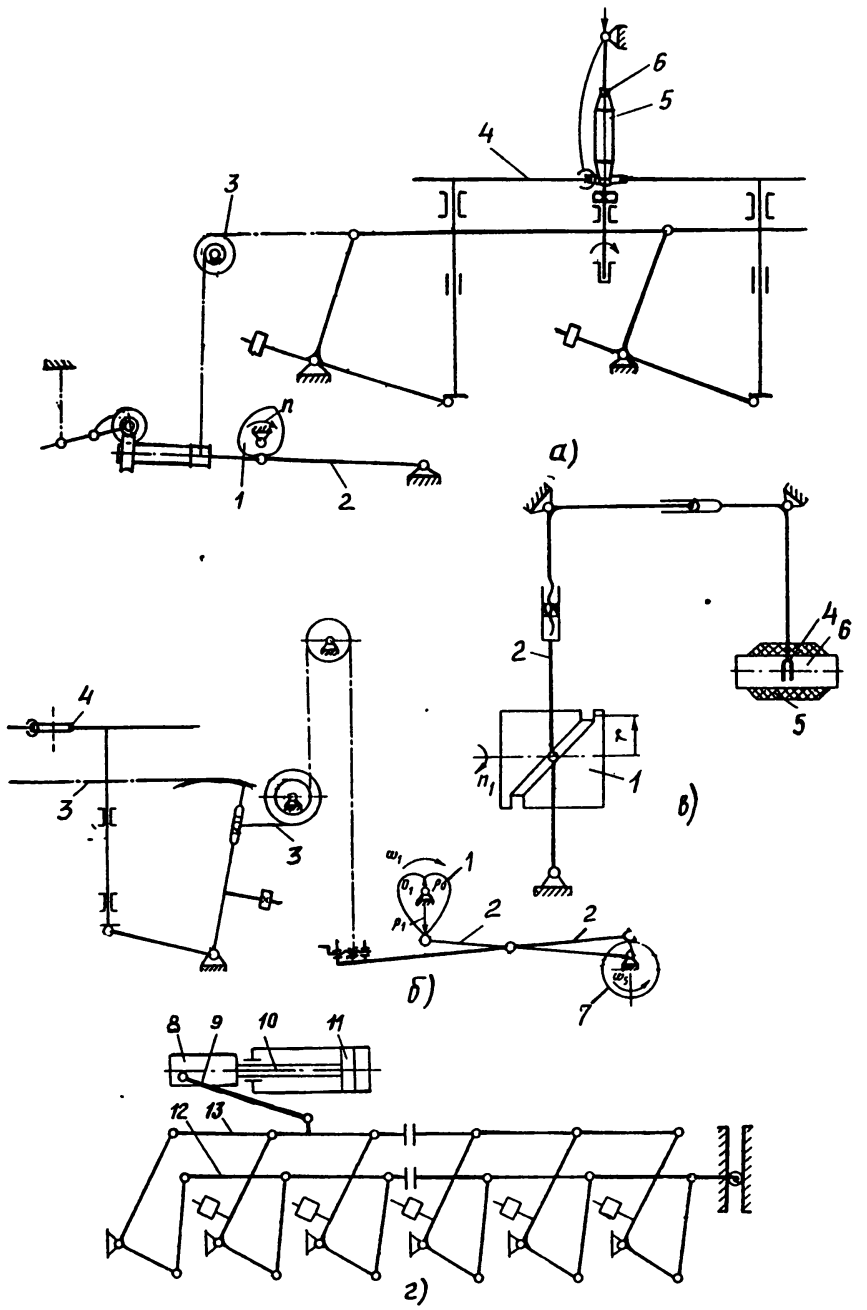


Рис. 3.1.41. Механизмы раскладки нити:
а - с плоским кулачком; *б* - с двумя плоскими кулачками; *в* - с одношаговым цилиндрическим кулачком; *г* - бескулачковый;
1 - кулачок раскладки; *2* - мотальный рычаг; *3* - цепь; *4* - нитеводитель; *5* - тело намотки; *6* - нитеноситель; *7* - дополнительный кулачок раскладки; *8* - салазки; *9* - шатун; *10* - шток; *11* - поршень; *12* - веретенный брус; *13* -планка

Скорость v_y нитеводителя *4* вдоль оси вращения нитеносителя (от конца до начала реверса) определяют по формулам (рис. 3.1.41):

при постоянной скорости $v_п$ подачи нити в намотку

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{v_0\left(R_0^2 - r_0^2\right)}{R_y^2 - r_y^2};$$

при переменной скорости $v_п$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{v_0\left(R_0 - r_0\right)}{R_y - r_y};$$

при регулируемой скорости $v_п$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{v_0\omega_y\left(R_0^2 - r_0^2\right)}{\omega_0\left(R_y^2 - r_y^2\right)},$$

где v_0 - скорость нитеводителя при $y = 0$; $v_0 = v_п \sin\beta_0 \approx \frac{v_п h_0}{2\pi r_0}$; h_0 - шаг первой спирали, намотанной на участок нитеносителя с минимальным радиусом r_0; β_0 - технологический угол раскладки нити; R_0 и r_0 - радиус паковки и нитеносителя при $y = 0$; R_y и r_y - радиус паковки и нитеносителя на удаление y от начала координат; ω_0 - угловая скорость питающего цилиндра при $y = 0$; ω_y - угловая скорость питающего цилиндра при $y > 0$; y - перемещение нитеводителя за время t.

Исходя из методов расчета и проектирования механизмы раскладки нити делят на четыре группы: с плоскими кулачками, с цилиндрическими кулачками, бескулачковые, безынерционные. Механизмы раскладки с плоскими кулачками и силовым замыканием, а также бескулачковые с гидродвижителями применяют при частоте двойных ходов нитеводителя в минуту не более 12, механизмы с цилиндрическими кулачками и геометрическим замыканием - до 500, а безынерционные - значительно выше 500.

Текущий радиус-вектор центрового профиля плоского кулачка *1* (рис. 3.1.41, *а*)

$$\rho = \rho_0 + y / i,$$

где ρ_0 - минимальный радиус-вектор центрового профиля кулачка; $\rho_0 = H\mathrm{ctg}\lambda/(i\varphi_п)$; H - ход нитеводителя; $\lambda = 20 \div 25°$ - угол давления при $y = 0$; $i = H/E = 1 \div 2$ - передаточное число механизма раскладки; $i > 1$ при $H > 100$ мм; $\varphi_п = 120 \div 240°$ - центральный угол, соответствующий ветви подъема центрового профиля плоского кулачка; $E = \rho_{max} - \rho_0$ - эксцентриситет плоского кулачка; ρ_{max} - максимальный радиус-вектор кулачка; y - перемещение нитеводителя по оси тела намотки от конца до начала реверса.

Если нитеноситель и паковка имеют цилиндрическую форму, то

$$y = v_0 t = v_п t \sin\beta_0.$$

Если нитеноситель и паковка имеют произвольную форму, то при $v_п = \mathrm{const}$

$$\int_0^y \left(R_y^2 - r_y^2\right)dy = v_0\left(R_0^2 - r_0^2\right)t,$$

а при $v_п = \mathrm{var}$

$$\int_0^y \left(R_y - r_y\right)dy = v_0\left(R_0 - r_0\right)t.$$

Передаточное число i рычажной схемы (рис. 3.1.41, *а* - *в*) в течение одного двойного хода нитеводителя *4* не должно изменяться более чем на 2 ÷ 3 %. Это условие выполняется, когда максимальное угловое перемещение любого рычага не превышает 23°.

Общая длина мотального рычага *2* (рис. 3.1.41, *а*) $l_1 \approx (6 \div 7)E$, а расстояние от оси качания мотального рычага до оси ролика - $l_0 = 5E$. Привод к плоскому кулачку *1* раскладки должен содержать самотормозящую беззазорную червячную передачу, причем червячное колесо следует жестко крепить на кулачковом валу, а червячный вал не должен иметь осевого зазора.

У цилиндрического кулачка, передающего движение качающемуся рычагу, угол наклона средней линии винтового паза к его трансверсальному сечению (рис. 3.1.41, *в*)

$$\alpha = \lambda - \arcsin\frac{E}{2l_0} = 25° - \arcsin\frac{H}{2il_0}.$$

Если один цилиндрический кулачок сообщает движение всем нитеводителям машины, то угол α уменьшают до $\alpha = 18 \div 22°$. Если на каждом рабочем месте устанавливают один или два механизма раскладки (второй механизм - резервный), то применяют многошаговый цилиндрический кулачок с общим числом шагов винтового паза

$$k_{общ} = 2k_1 = \frac{E}{\pi r\,\mathrm{tg}\alpha} = \frac{E\omega}{\pi v_п \sin\beta_0},$$

где $k_{общ}$ - число шагов замкнутого винтового паза; k_1 - число шагов винтового паза одного направления; $E = H$ - ход нитеводителя; r - средний радиус цилиндрического кулачка, $r = r_1 - 0{,}5c$; r_1 - наружный радиус цилиндриче-

ского кулачка; $c = 5 \div 6$ мм - глубина винтового паза; $35° \le \alpha \le 45°$ - угол подъема средней линии винтового паза; ω - угловая скорость кулачка раскладки; $\omega = \pi k_{общ} v_п \cos\beta_0 / E$; β_0 - технологический угол раскладки нити.

У однолепесткового плоского и полушагового цилиндрического кулачков раскладки $k_{общ} = 1$, а $k_1 = 0{,}5$. При применении в качестве опор многошаговых кулачков раскладки серийных подшипников качения легкой серии угловую скорость кулачка выбирают в пределах $500 \le \omega \le 1500$ рад, а при применении высокоскоростных опор качения $1500 \le \omega \le 2500$ рад. Средний радиус многошагового кулачка $r \ge 10$ мм.

Многошаговый кулачок изготовляют из стали 45 с последующей поверхностной закалкой до 40 ÷ 43 $HRC_э$. Нитеводительную лодочку, входящую в винтовой паз кулачка шириной $b = 4 \div 5$ мм и глубиной $c = 5 \div 6$ мм, изготовляют из износостойкого полимерного материала (капрона, найлона) с низким коэффициентом трения скольжения по стали.

Общая длина лодочки, мм,

$$l_л = \frac{(2{,}5 \div 3{,}0)b}{\operatorname{tg}\alpha} = (10 \div 15)\operatorname{ctg}\alpha.$$

На длине средней части $l_{ср} = b\operatorname{ctg}\alpha$, толщина лодочки должна быть одинаковой. Концы лодочки выполняют овальной формы с уменьшающейся толщиной до 1,5 ÷ 2 мм.

Однолепестковые плоские и полушаговые цилиндрические кулачки изготовляют из серого чугуна СЧ18, СЧ21 или стали 45.

Время реверса нитеводителя должно находиться

$$\frac{b_1 \ln\dfrac{2}{\cos\beta_0}}{v_п \cos\beta_0} \le t_р \le \frac{2b_1}{v_п \cos\beta_0},$$

где b_1 - расстояние от точки наматывания до направления движения глазка нитеводителя; β_0 - технологический угол раскладки нити; $v_п \cos\beta_0$ - окружная скорость наматывания.

Общую массу цилиндрического кулачка со всеми жестко закрепленными на нем деталями находят по формулам:

при синусоидальном сопряжении концевых участков винтовых линий паза

$$m \ge \frac{\pi m_1 r(f + \operatorname{tg}\alpha)}{(1 - f\operatorname{tg}\alpha)R\cos\alpha} = \frac{2\pi m_1 (f + \operatorname{tg}\alpha)\operatorname{tg}\alpha}{(1 - f\operatorname{tg}\alpha)\psi_1},$$

при радиусном сопряжении

$$m \ge \frac{4\pi m_1 r(f + \operatorname{tg}\alpha)}{(1 - f\operatorname{tg}\alpha)R\cos^3\alpha},$$

где m_1 - масса нитеводительной штанги со всеми закрепленными на ней деталями; r - наружный радиус цилиндрического кулачка; f - коэффициент трения между роликом (лодочкой) и кулачком; ψ_1 - центральный угол, соответствующий дуге сопряжения винтовых линий; R - радиус сопряжения.

Когда наматываемая нить раскладывается на нитеносителе с помощью замкнутого многошагового пространственного паза, выполненного на круглом цилиндре, то надежная работа безынерционных механизмов обеспечивается при обязательном выполнении условия затягивания наматываемой нити в этот паз. Когда паз ведет нить от средины кулачка к его концам (рис. 3.1.42), условие затягивания имеет вид

$$\cos(\alpha + \gamma) - \sin\lambda - 2f\cos\frac{\varphi}{2}\Big/\sqrt{1 + f^2} \ge 0$$

или

$$\cos(\alpha + \gamma) - \sin\lambda - f\sqrt{\sin^2(\alpha + \gamma) + \cos^2\lambda} \ge 0.$$

Когда паз ведет нить от конца кулачка к его средине, условие затягивания принимает вид

$$\cos(\alpha - \gamma) - \sin\lambda - 2f\cos\frac{\varphi}{2}\Big/\sqrt{1 + f^2} \ge 0,$$

где $\alpha = \operatorname{arctg}(H / \pi r_2 k)$ - угол подъема винтового паза по наружному радиусу кулачка раскладки; $\gamma = \operatorname{arctg}(H / 2x)$ - угол между отрезком нити $\underline{AB}$ и осью координат x; λ - угол между отрезком BC и радиусом r_2 кулачка раскладки в точке B;

$$\sin\lambda = \frac{\sqrt{r_1^2\left(r_2^2 - r_1^2\right)\Big/ r_2^2 + H^2\eta^2/\pi^2k^2}}{\sqrt{r_2^2 - r_1^2 + H^2\eta^2/\pi^2k^2}};$$ f - коэффициент трения между нитью и кулачком раскладки; φ - угол между отрезками нити AB и BC;

$$\varphi = \arccos\frac{H^2\eta/\pi k - 2\eta x\sqrt{r_2^2 - r_1^2}/r_2}{2\sqrt{H^2/4 + x^2}\sqrt{r_2^2 - r_1^2 + H^2\eta^2/\pi^2k^2}};$$

$\eta = \arccos(r_1 / r_2)$ - центральный угол дуги C_1C_2; k - число шагов замкнутого многошагового пространственного паза; x - координата оси A глазка нитенаправителя.

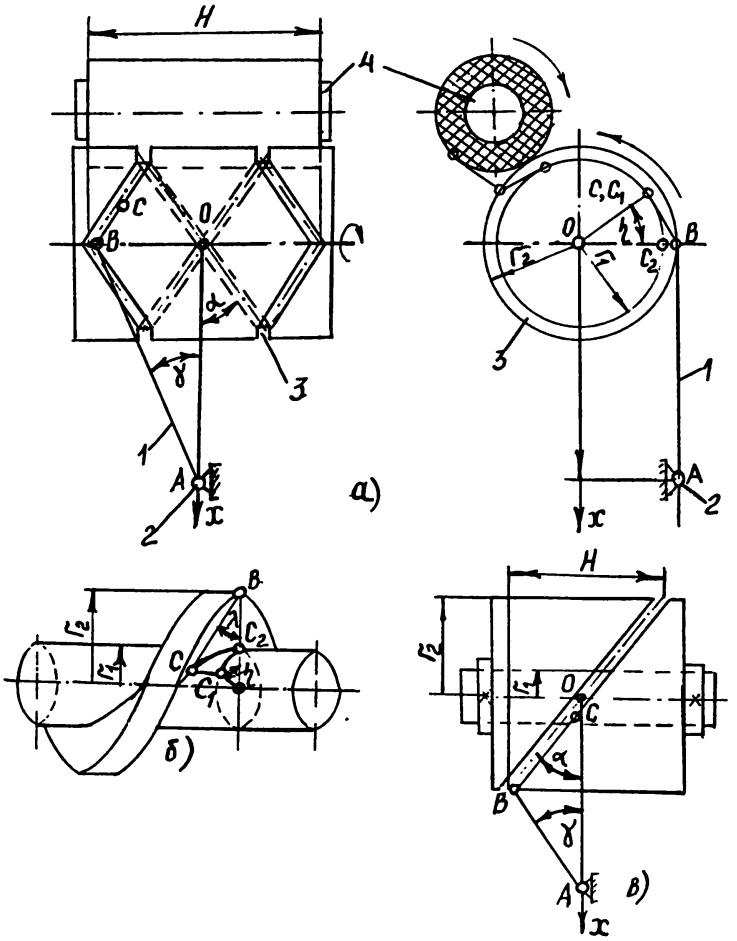


Рис. 3.1.42. Схемы для вывода условия затягивания наматываемой нити в паз кулачка раскладки:
а - цилиндрического многошагового кулачка; *б* - расположение нити в пазу кулачка; *в* - одношагового кулачка; *1* - нить; *2* - нитенаправитель; *3* - паз; *4* - нитеноситель

Варьируя при проектировании кулачка раскладки размерами r_1, r_2 и x, добиваются выполнения условия затягивания нити при заданной длине раскладки H. При проектировании полушагового цилиндрического кулачка раскладки (рис. 3.1.42, *в*) в приведенных выше формулах следует брать $k = 1$.

Исходными параметрами при проектировании пазового кулачка раскладки являются H, $\alpha = 15 \div 20°$; r_2, f, причем

$$r_2 \approx 0{,}5\,(r_п + r_0),$$

где r_0 - радиус нитеносителя; $r_п$ - радиус паковки.

Рабочие поверхности канавки или гребня должны быть полированными и выполненными из износостойких стальных или полимерных материалов, обладающих низким коэффициентом трения f.

В бескулачковых механизмах раскладки нити ведущим звеном является лопасть или поршень *11* (см. рис. 3.1.41, *г*) гидродвижителя, работой которых управляет гидросистема с дроссельным устройством и краном переключения. В безынерционном механизме с круговым движением нитеводителя (рис. 3.1.43) координаты рабочего профиля верхней ветви неподвижного корректирующего кулачка *10* раскладки находят по формулам:

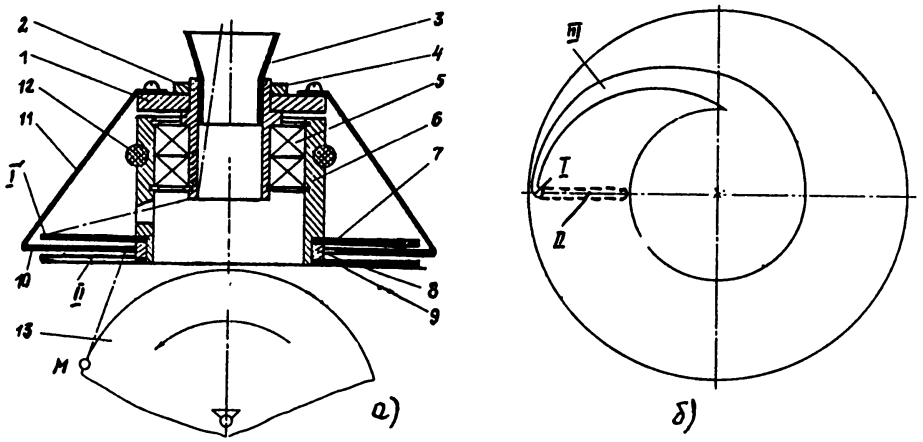


Рис. 3.1.43. Механизм раскладки с круговым движением нитеводительных дисков:
а - механизм; *б* - нитеводительный диск со спиралевидными пазами;
1 - плита; *2* - втулка; *3* - воронка; *4* - гайка; *5* - подшипник качения; *6* - пустотелый вал;
7 и *9* - нитеводительные диски; *8* - кольцо; *10* - корректирующий кулачок раскладки; *11* - пластина;
12 - ремень; *13* - фрикционный цилиндр;
I - глазок; *II* - радиальный паз; *III* - спиралевидный паз; *M* - точка наматывания нити

$$y_1 - \frac{E_т\varphi_1}{\pi} - \left[\sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф + \left[(E_{1т} - y_1)\mathrm{tg}\varphi_1\right]^2} - \right.$$
$$- \sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф} -$$
$$- r_ф\left(\mathrm{arctg}\frac{\sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф + \left[(E_{1т} - y_1)\mathrm{tg}\varphi_1\right]^2}}{r_ф} + \right.$$
$$+ \mathrm{arctg}\frac{(E_{1т} - y_1)\mathrm{tg}\varphi_1)}{a_1 + r_ф} -$$
$$\left.\left. - \mathrm{arctg}\frac{\sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф}}{r_ф}\right)\right]\mathrm{tg}\beta_0 = 0;$$

$$z_1 = (E_{1т} - y_1)\mathrm{tg}\varphi_1,$$

где $E_т = 1$, $1H_1$ - максимальный размер профильного отверстия кулачка по горизонтали; H_1 - длина раскладки; $0 \le \varphi \le 90°$ - угол поворота нитеводительной пластины; $a_1 = 5$ мм - расстояние между фрикционным цилиндром и срединной плоскостью корректирующего кулачка раскладки; $r_ф$ - радиус фрикционного цилиндра; $0 \le y_1 \le E_{1т}$;

$$E_{1т} = \frac{E_т}{2} + \left[b_{max} - b_0 - r_ф\left(\mathrm{arctg}\frac{b_{max}}{r_ф} + \right.\right.$$
$$\left.\left. + \mathrm{arctg}\frac{E_т}{\pi(a_1 + r_ф)} - arctg\frac{b_0}{r_ф}\right)\right]\mathrm{tg}\beta_0;$$

$$b_{max} = \sqrt{a_1^2 + 2a_1\,r_ф + (E_т / \pi)^2};$$

$$b_0 = \sqrt{a_1^2 + 2a_1\,r_ф};$$

β_0 - технологический угол раскладки нити;

$$y_{11} - \frac{E_т\varphi_{11}}{\pi} - \left[\sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф + (y_{11}\mathrm{ctg}\varphi_{11})^2} - \right.$$
$$- \sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф + (E_т / \pi)^2} + r_ф \times$$
$$\times\left(\mathrm{arctg}\frac{\sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф + (E_т / \pi)^2}}{r_ф} + \right.$$
$$+ \mathrm{arctg}\frac{E_т}{\pi(a_1 + r_ф)} -$$
$$- \mathrm{arctg}\frac{\sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф + (y_{11}\mathrm{ctg}\varphi_{11})^2}}{r_ф} -$$
$$\left.\left. - \mathrm{arctg}\frac{y_{11}\mathrm{ctg}\varphi_{11}}{a_1 + r_ф}\right)\right]\mathrm{tg}\beta_0 = 0;$$

$z_{11} = y_{11}\mathrm{ctg}\varphi_{11}$; $0 \le \varphi_{11} \le 90°$; $0 \le y_{11} \le E_т - E_{1т} = E_{2т}$.

Координаты y_2, z_2, y_{22} и z_{22} нижней ветви рабочего профиля корректирую цего кулачка раскладки находят из уравнений:

$$y_2 - \frac{E_т\varphi_2}{\pi} - \left[\sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф + \left[(E_{2т} - y_2)\mathrm{tg}\varphi_2\right]^2} - \right.$$
$$- \sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф} + r_ф\left(\mathrm{arctg}\frac{\sqrt{a_1^2 + 2a_1r_ф}}{r_ф} + \right.$$

$$+\operatorname{arctg}\frac{(E_{2т}-y_2)\operatorname{tg}\varphi_2}{a_1+r_ф}-$$

$$-\operatorname{arctg}\frac{\sqrt{a_1^2+2a_1r_ф+\left[(E_{2т}-y_2)\operatorname{tg}\varphi_2\right]^2}}{r_ф}\Bigg)\Bigg]\operatorname{tg}\beta_0=0;$$

$z_2 = (E_{2т} - y_2)\operatorname{tg}\varphi_2$; $0 \le y_2 \le E_{2т}$; $0 \le \varphi_2 \le 90°$;

$$y_{22}-\frac{E_т\varphi_{22}}{\pi}-\Bigg[\sqrt{a_1^2+2a_1r_ф+\left(y_{22}\operatorname{ctg}\varphi_{22}\right)^2}-$$

$$-\sqrt{a_1^2+2a_1r_ф+\left(E_т/\pi\right)^2}-r_ф\times$$

$$\times\Bigg(\operatorname{arctg}\frac{E_т}{\pi\left(a_1+r_ф\right)}-$$

$$-\operatorname{arctg}\frac{\sqrt{a_1^2+2a_1r_ф+\left(E_т/\pi\right)^2}}{r_ф}-$$

$$-\operatorname{arctg}\frac{y_{22}\operatorname{ctg}\varphi_{22}}{a_1+r_ф}+$$

$$+\operatorname{arctg}\frac{\sqrt{a_1^2+2a_1r_ф+\left(y_{22}\operatorname{ctg}\varphi_{22}\right)^2}}{r_ф}\Bigg)\Bigg]\operatorname{tg}\beta_0=0;$$

$z_{22} = y_{22}\operatorname{ctg}\varphi_{22}$,

где $E_{2т} = E_т - E_{1т}$; $0 \le y_{22} \le E_{1т}$; $0 \le \varphi_{22} \le 90°$.

Центральные углы, соответствующие кривым сопряжения рабочих профилей верхней и нижней ветвей, находят по формулам:

для дуги сопряжения, где направления вращений фрикционного цилиндра и нитеводительной пластины совпадают,

$$\psi_1 \approx \frac{2\pi\sqrt{a_1^2+2a_1r_ф+\left(E_т/\pi\right)^2}}{\left(1-1{,}57\operatorname{tg}\beta_0\right)E_т},$$

для дуги сопряжения, где направления вращений фрикционного цилиндра и нитеводительной пластины не совпадают,

$$\psi_2 \approx \frac{2\pi\sqrt{a_1^2+2a_1r_ф+\left(E_т/\pi\right)^2}}{\left(1+1{,}57\operatorname{tg}\beta_0\right)E_т}.$$

В качестве кривой сопряжения можно брать дугу окружности, синусоиду, параболу, цепную линию и др.

Профиль участка нитеводительной пластины, предназначенного для автоматической заводки нити в глазок *I* нитеводителя и радиальный паз *II* в момент заправки, выполнен по логарифмической спирали с текущим радиусом-вектором

$$\rho = \rho_0 \exp(\psi \operatorname{ctg}\lambda),$$

где ρ_0 - минимальный (начальный) радиус-вектор логарифмической спирали; $0 \le \psi \le \psi_{max} \approx \pi$ - угловая полярная координата радиуса-вектора ρ; $\lambda \approx 60 \div 65° = \text{const}$ - угол между касательной к логарифмической спирали в точке с координатами ρ и ψ.

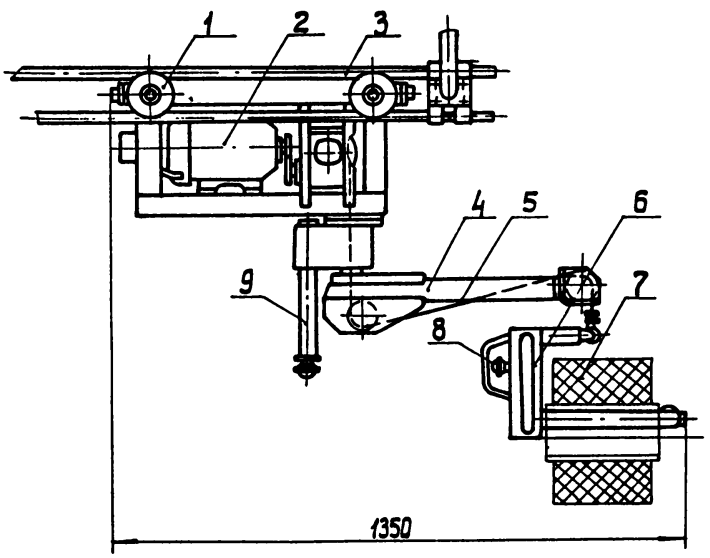


Рис. 3.1.44. Машкулятор-съемник паковок:
1 - ролик-каток; *2* - привод; *3* - транспортные пути; *4* - стрела; *5* - грузовой канат; *6* - захват; *7* - паковка; *8* - ручка управления; *9* - рукоятка горизонтального перемещения

Плоский корректирующий кулачок раскладки изготовляют из листовой стали (сталь 45) пластины толщиной 2,5 + 3 мм с последующей поверхностной закалкой рабочего профиля 40 + 43 HRC, а нитеводитель из стальной пластины толщиной 1 + 1,5 мм. Сменный нитеводитель с открытым отверстием изготовляют из фарфора, сапфира, алмаза, ситалла, керамики.

Устройства съема паковок и установки нитеносителей. В качестве автономной системы съема паковок на формовочных машинах используют ручные манипуляторы (рис. 3.1.44). Этот манипулятор перемещает цилиндрические паковки диаметром 270, длиной 300 мм.

В конструкции использован принцип принудительного подъема и опускания груза с плавным регулированием скорости перемещения путем изменения частоты вращения электродвигателя. Горизонтальное перемещение осуществляется вручную. Техническая характеристика манипулятора приведена ниже.

Масса транспортируемой паковки, кг	12
Продолжительность съема и перемещения одной паковки, с, не более	15
Сила воздействия оператора при горизонтальном перемещении груза, Н, не более	45
Скорость вертикального перемещения груза, м/с	0÷0,5
Высота подъема груза, м	1,8
Масса манипулятора (без транспортных путей), кг, не более	100
Установленная мощность электрооборудования, кВт, не более	1
Напряжение питающей сети трехфазного переменного тока, В	380

Манипулятор-съемник представляет собой подвижную конструкцию, закрепленную на каретке, перемещаемой оператором вдоль фронта обслуживания машины по направляющим. Незначительная масса незагруженного захвата (3,5 кг) и гибкая подвеска на стальном

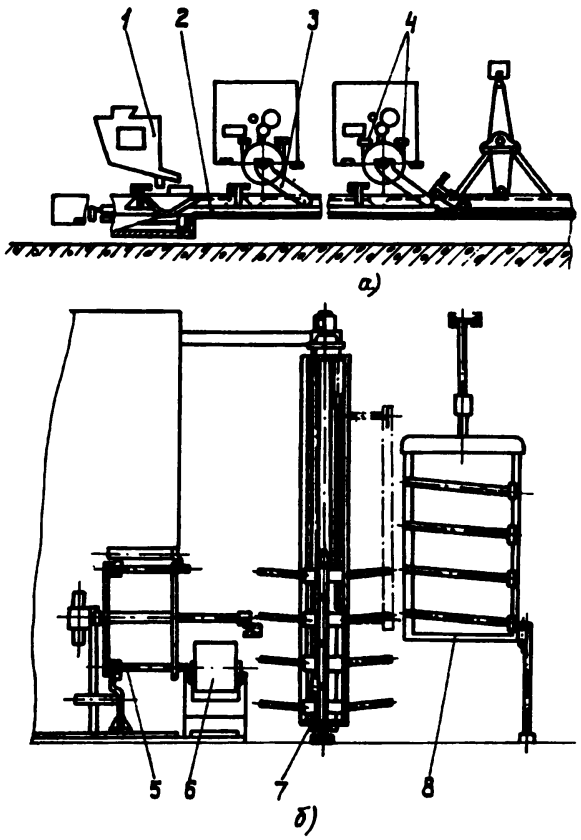


Рис. 3.1.45. Устройство для съема и установки паковок на машине НВ-1000-КЖ9:
а - механизация замены паковок; *б* - устройства перегрузки паковок;
1 - бункер с патронами; *2* - конвейер; *3* - автооператор; *4* - устройство автоматической перезаправки;
5 - устройство перегрузки; *6* - паковка; *7* - манипуляторы; *8* - транспортное средство

тросе допускают осуществление управления одной рукой.

Возможны другие способы крепления манипулятора и захватов в зависимости от конкретных условий его применения.Более совершенным устройством съема наработанных паковок и установки нитеносителей на резервные бобинодержатели является система, выполненная на агрегатах для совмещенного формования, вытягивания и гофрирования коврового жгута (рис. 3.1.45), которая органически связана с узлами, выполняющими основные технологические операции, и управляется от единой системы управления машиной.

После наработки паковки *б* подается команда на автоматическую перезаправку нити. В процессе перезаправки револьверная головка с бобинодержателями поворачивается и бобинодержатель тормозится, находясь в положении съема паковок. Перезаправка по рабочим местам ведется последовательно с некоторым интервалом времени. С таким же интервалом происходит съем наработанных паковок, осуществляемый автооператорами *3*, которые с помощью парных рычагов принимают паковку, освобождаемую подвижным центром бобинодержателя и переносят ее на конвейер *2*. После съема паковки с последнего рабочего места подается команда на движение конвейера. Паковки отводятся в торец машины к устройству разгрузки, которое снимает их с конвейера и перезагружает на манипулятор. На манипуляторе накапливается ряд паковок: при этом число паковок в ряду соответствует числу приемных органов цехового транспортного средства. Затем манипулятор поворачивается на 180° и разгружает одновременно все паковки на транспортное средство.

Одновременно с отводом паковок на конвейер подаются патроны (нитеносители), распределяемые вдоль машины. Автооператоры поднимают патроны к рабочим местам и устанавливают их на резервные бобинодержатели; в это время происходит наматывание нити на работающих бобинодержателях.

Резальные устройства. В зависимости от механических свойств и скорости движения резального жгута в резальных устройствах применяют различные виды режущего инструмента (ножи, пуансоны) и различные виды его движения относительно перерезываемого материала. Классификация резальных устройств приведена в табл. 3.1.17.

Резальные устройства для жгута должны обеспечивать полное перерезание всех нитей, срез нитей должен иметь правильную форму без оплавления и заусенцев. Ножи должны обладать высокой износостойкостью, а при разрезании вискозного мокрого жгута и химической стойкостью.

Сила P резания и необходимая мощность зависят от геометрии режущего инструмента (угла заточки, размера граней, взаимного расположения со жгутом, характеризуемого передним и задним углами, остроты и микрогеометрии режущей кромки). На силу резания существенное влияние оказывает относительное движение ножа.

При нормальном резании (рис. 3.1.46, *а*) сила резания

$$P = [\sigma\delta + \frac{Eh_1^2}{2h}(\mathrm{tg}\beta + f\sin^2\beta + \mu\,(f + \cos^2\beta))]\,b,$$

где δ - толщина режущей кромки ножа, изменяющаяся по мере затупления; δ = 20 + 100 мкм; σ - нормальное напряжение в перерезаемом материале при надавливании на него режущей кромки; β - угол заточки инструмента; h - толщина перерезаемого слоя; h_1 - предварительное сжатие жгута лезвием перед началом резания; E - модуль упругости жгута; μ - коэффициент Пуассона жгута; f - коэффициент трения скольжения жгута по граням ножа; b - ширина перерезаемого жгута.

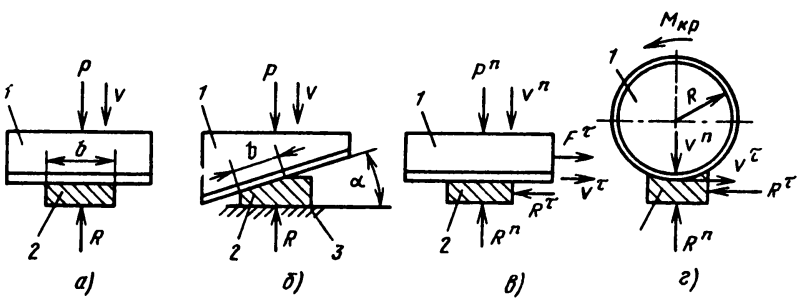
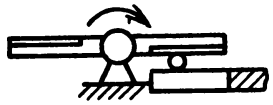
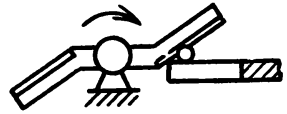
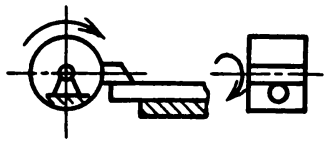
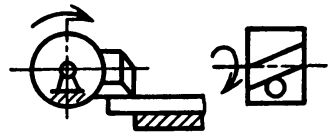
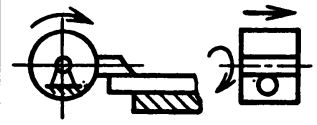
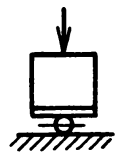
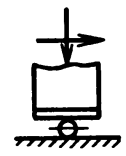
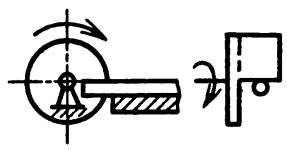
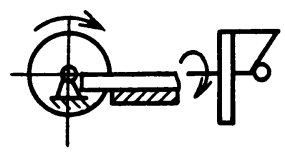
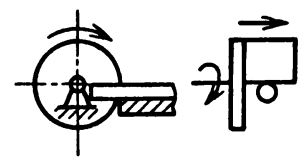


Рис. 3.1.46. Способы резания жгутов:
а - нормальное; *б* - наклонное; *в* - скользящее; *г* - дисковым ножом;
1 - нож; *2* - перерезаемый жгут; *3* - противорежущий упор

3.1.17. Классификация резальных устройств

Вид движения ножа	След движения ножа	Нормальное	Наклонное	Скользящее
Вращательное	Плоскость			
	Цилиндрическая поверхность			
Поступательное	Плоскость			
Вращательное	Цилиндрическая поверхность			

При наклонном резании (рис. 3.1.46, *б*) сила резания несколько уменьшается вследствие геометрической трансформации угла заточки. При наклонном резании тонкого слоя сила резания

$$P = \left[\frac{\sigma\delta}{2} + \frac{Eh_1^2}{bh}(\mathrm{tg}\beta' + f\sin^2\beta' + \right.$$
$$\left. + \mu(f + \cos^2\beta'))\right] b,$$

где $\beta' = \mathrm{arctg}\,(\mathrm{tg}\beta\cos\alpha)$ - трансформированное значение угла заточки β; α - угол наклона режущей кромки к срединной плоскости жгута в зоне резания.

Во избежание выскальзывания жгута из зоны резания в направлении проекции силы P резания на линию кромки ножа угол α должен выбираться из условия $\alpha < \mathrm{arctg}\ 2f$.

Скользящее резание (рис. 3.1.46, *в*) эффективно лишь при использовании пильчатого ножа. При резании химического жгута роль пилы выполняет шероховатая кромка ножа. Сила резания при этом в значительной степени зависит от соотношения нормальной v^n и тангенциальной v^τ скоростей резания. В этом случае сила резания

$$P_1 = P\frac{\sin\gamma}{\sin(\theta + \gamma)},$$

где P - сила, необходимая для перерезания жгута гладким лезвием при нормальном резании; θ - угол подъема неровностей микрорельефа на кромке; $\gamma = \mathrm{arctg}\ v^n / v^\tau$.

Применение дисковых ножей (рис. 3.1.46, *г*) исключает действие на машину сил инерции, присущих устройствам с возвратно-поступательно движущимися ножами.

При проектировании резальных устройств исходными параметрами являются: $\sigma = (4 + 5)10^8$ Па, $E = 10^{10}$ Па, $h_1 = 0{,}9\ h$, $h = (3 + 5)10^3$ м, $\beta = 20 + 40°$, $\mu = 0{,}3$, $f = 0{,}1$, $\theta = 10 + 30°$, $v = 50 + 100$ м/с.

На барабанной резальной машине намоточное натяжение жгута не должно превышать значения

$$[Q] = 0{,}75\sigma_в \Big/ \sqrt{\rho^2 / T^2 + 1/(l r_1)^2} \approx$$
$$\approx 0{,}75\sigma_в l r_1,$$

где $\sigma_в$ - предел прочности на смятие жгута в поперечном направлении, МПа; для вискозной нити $\sigma_в = 140 + 230$ МПа; для полиамидной $\sigma_в = 410 + 620$ МПа; для нитроновой $\sigma_в = 210 + 420$ МПа; ρ - плотность нити входящей в жгут; $T = 200 + 600$ ктекс - линейная плотность жгута; $l = 55 + 75$ мм - ширина сжатого жгута в зоне резания; $r_1 = 0{,}01 + 0{,}05$ мм - радиус кривизны режущей кромки ножа; $r_1 = 0{,}01$ мм после заточки; $r_1 = 0{,}05$ мм при предельно затупленном ноже.

Минимальный зазор между прижимным роликом и окружностью, проходящей через вершины режущих кромок ножей,

$$\Delta_{min} = 3{,}5T / (\pi\ \rho\ l).$$

Нормальная сила между прижимным роликом и жгутом в зоне резания

$$P = 2l\, r_1(\sigma_в - Q/(l\, r_1))\sin(\pi/z),$$

где Q - действительное намоточное натяжение жгута, $0 \le Q \le [Q]$; z - число ножей на барабане.

При $Q = 0$ нормальная сила P достигает максимума и равна нормальной силе резания жгута:

$$P = P_{max} = 2l\, r_1\sigma_в \sin(\pi/z),$$

а при $Q = [Q]$ нормальная сила

$$P = P_{min} = 0{,}5l\, r_1\sigma_в \sin(\pi/z).$$

Глава 3.2

АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ И ВОЛОКОН

3.2.1. АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВИСКОЗНЫХ ВОЛОКОН

Для получения вискозных нитей, формирования из них жгута, его обработки с последующим разрезанием на отрезки (волокна) заданной длины предназначены специальные агрегаты или поточные линии. В агрегате для получения вискозных волокон, показанном на рис. 3.2.1, формовочная машина *1* имеет несколько рабочих мест, на каждом из которых формуется комплексная нить. Жгут, образованный из нескольких комплексных нитей, со скоростью 25 + 50 м/мин подается на вытяжную машину *2*, где он вытягивается в пластифицированной ванне *3* вследствие разности окружных скоростей цилиндров вытяжных станов.

Резальными машинами *4* жгут режется на мерные кусочки, после чего масса волокон в жидкой среде подается на промывку в отделочную машину *5*, при этом формируется равномерный слой волокон, поступающий на отжимные вальцы *6*, где отжимается жидкая среда, и слой волокон с влажностью 120 + 150 % поступает на авиважную установку *7* для пропитки специальным отделочным раствором, после чего вторично отжимается и посту-

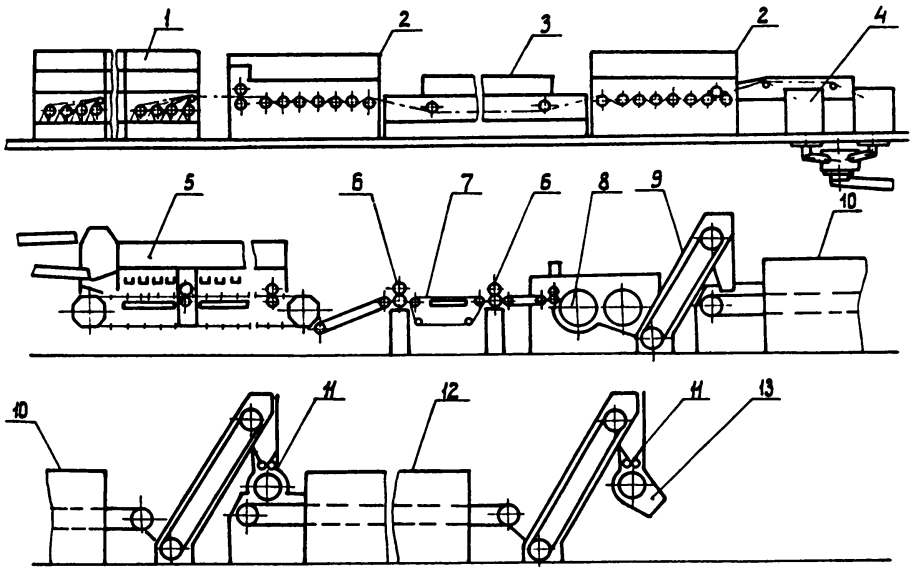


Рис. 3.2.1. Принципиальная схема агрегата для получения вискозных волокон:
1 - формовочная машина; *2* - вытяжная машина; *3* - пластификационная ванна; *4* - резальная машина; *5* - отделочная машина; *6* - отжимные вальцы; *7* - авиважная установка; *8* - машина рыхления мокрого волокна; *9* - машина питания; *10, 12* - сушильные машины; *11* - машина рыхления; *13* - бункер вентилятора пневмотранспорта

пает на сушку. При этом проводится одно или два рыхления волокон для обеспечения лучшего режима сушки; сухие волокна пневмотранспортом подаются на упаковку. Упаковка осуществляется в кипы специальными прессами, которые устанавливают на каждой поточной линии или один пресс на несколько линий в зависимости от производительности и организации технологического процесса.

Производительность пресса 25 + 50 т/сутки. Ниже приведена техническая характеристика агрегата ПЛ-25-И.

Число:	
формовочных мест	240
капилляров в фильерном блоке	28500
фильер в блоке	19
лент, выпускаемых машиной	2
Ширина ленты (жгута), мм	250
Линейная плотность волокна, текс	0,17; 0,13
Кратность вытягивания ленты	1,9; 2,3
Скорость ленты после вытягивания, м/мин	27
Длина волокна, мм	38, 65, 90
Масса кипы, кг, не более	210
Производительность, кг/ч	1042
Установленная мощность, кВт	514
Габаритные размеры, мм (длина × ширина × высота)	175 500 × × 7200 × × 7070
Масса, кг	428 500

3.2.2. АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИАМИДНЫХ И ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН

Производство полиамидных и полиэфирных волокон осуществляется в два этапа: формование комплексных нитей и сложение их в жгут большой линейной плотности (до 600 ктекс); переработка этого жгута.

При периодическом способе получения волокон первый этап осуществляется на формовочных машинах. Нити со всех рабочих мест машины собираются в общий жгут, который замасливается и укладывается в контейнер. Переработка жгута (вытягивание, гофрирование, разрезание) осуществляется на специальных поточных линиях. При непрерывном способе получения волокон оба этапа осуществляются на одной поточной линии, на которой проходят все операции, начиная от получения расплава и кончая отделкой волокон и упаковкой их в кипы.

Технологическая схема поточной линии ША-5-К, предназначенной для переработки полиамидного жгута, приведена на рис. 3.2.2. Жгутики из нескольких контейнеров *1* объединяются в один общий жгут с помощью специальной рамы со жгутонаправителями *2*. В ванне *3* жгут отмывается от замасливателя и

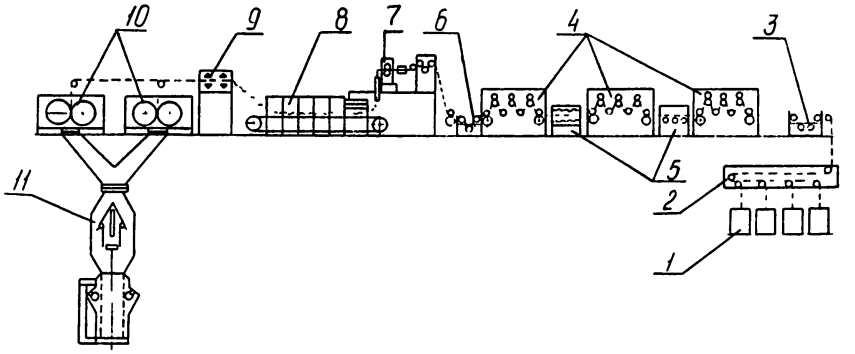


Рис. 3.2.2. Технологическая схема поточной линии ПА-5-К

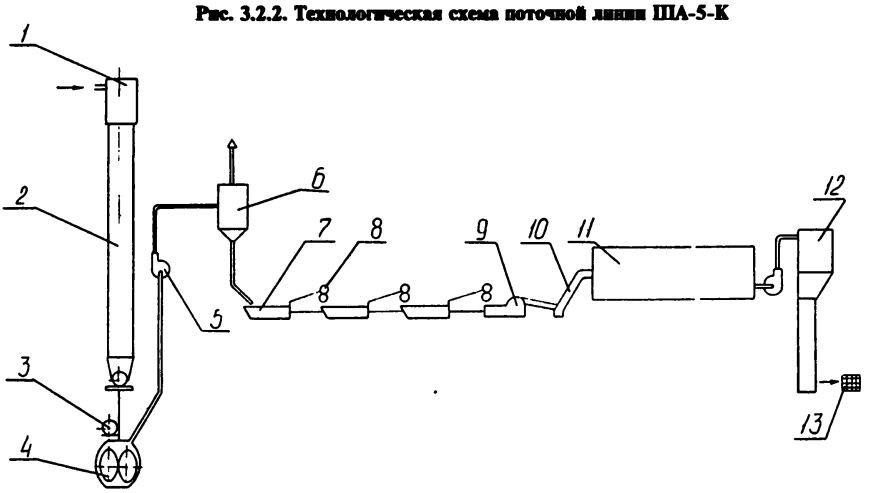


Рис. 3.2.3. Технологическая схема поточной линии ШАК-15:
1 - формовочное устройство; *2* - обдувочная шахта; *3* - замасливающее устройство; *4* - устройство для вытягивания и разрезания жгута; *5* - вентилятор пневмотранспорта; *6* - циклон; *7* - грабельно-мыловочные машины; *8* - отжимные валы; *9* - рыхлитель мокрого волокна; *10* - колковый питатель сушилки; *11* - ленточная сушилка; *12* - упаковочный пресс; *13* - кипа

с помощью семивальцевых транспортирующих механизмов *4* подвергается двухступенчатому вытягиванию. Вытягивание жгута проводится в горячем виде, для чего используют обогреваемые камеры *5*. Вытянутый жгут в аппарате подвергается жидкостной антистатической обработке, а затем направляется для придания извитости в гофрировочную машину *7*. Между гофрировочной машиной и аппаратом антистатической обработки установлен компенсатор *6*, воспринимающий некоторое рассогласование скоростей движения жгута. В аппарате *8* на ленте конвейера под действием тепла происходит снятие упругих напряжений в нитях жгута, фиксируя тем самым полученную извитость. Далее жгут подвергается обработке в замасливающем устройстве *9* и поступает на резальную машину *10*. Волокна с помощью пресса *11* укладываются в кипы.

Непрерывный процесс получения полиамидных волокон осуществляется на поточной линии ШАК-15 (рис. 3.2.3). Расплав подается из аппарата непрерывной полимеризации в формовочное устройство *1*. Далее нити, пройдя обдувочную *2* и сопроводительную шахты, замасливаются, вытягиваются и режутся устройством *4*. Затем волокна пневмотранспортером подаются на машины и аппараты мокрой отделки (промывки), препарации, отжима, рыхления, сушки и упаковки.

Схема агрегата для получения полиэфирных волокон, работающего по периодическому способу, приведена на рис. 3.2.4, *а*. Отдельные жгуты из контейнеров *3* проводят через керамические кольца подъемной рамы *2* и собирают в один общий жгут. После заправки всех жгутов в кольца рамы *2* ее поднимают с помощью электрической лебедки *1*. Далее общий жгут проходит через ванну *4* (в которой замасливатель снимается или наносится дополнительно) и подается на вытяжку. Вытягивание проводится в одну или две стадии соответ-

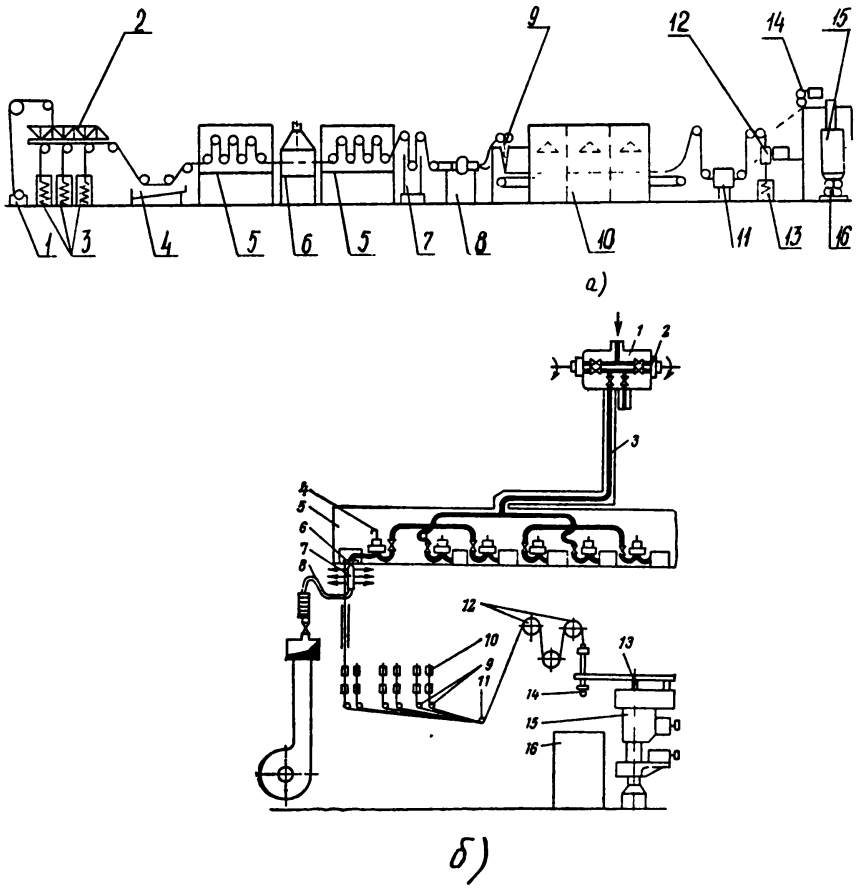


Рис. 3.2.4. Технологические схемы агрегатов для получения полиэфирных волокон:
а - периодическим способом; *б* - непрерывным способом

ственно между двумя или тремя вытяжными станами. Цилиндры первого стана *5* (питающего) нагреваются до 50 ÷ 80 °С циркулирующей внутри них горячей воды или теплоносителем. При двухстадийной вытяжке подогреваются также цилиндры второго стана до 100 ÷ 150 °С. Цилиндры последнего стана не подогреваются. Основной нагрев жгута осуществляется в камере *6*, нагретой до 130 ÷ 200 °С. Кратность вытягивания составляет 3 ÷ 5.

Вытянутый жгут проходит компенсационные вальцы *7*, захватывается вальцами гофрировочной машины *8* и направляется в камеру гофрирования. На жгут до камеры или в камере подается пар, облегчающий процесс гофрирования. Из гофрированной камеры извитый жгут по специальному лотку подается в жгутораскладчик *9*, который укладывает жгут на движущуюся металлическую сетчатую ленту камеры термофиксации *10*, для получения устойчивой формы извитка. Камеры термофиксации ленточного или барабанного типа. Перед разрезанием жгут охлаждают до 40 ÷ 60 °С в последней секции камеры термофиксации. Иногда для этой цели удлиняют ленточный конвейер. Антистатические препараты наносят в камере *11*, снабженной форсунками. Заключительными операциями являются укладывание жгута раскладчиком *12* в коробки *13* или разрезание на отрезки заданной длины в резальной машине *14* и упаковка в кипы *16* с помощью пресса *15*.

Технологическая схема агрегата для получения полиэфирных волокон непрерывным способом приведена на рис. 3.2.4, *б*. Расплавленная смола из аппарата непрерывной поликонденсации поступает в два напорных блока *1*, на которых устанавливают по два напорных насоса *2*. Формовочное устройство, куда поступает расплав из расплавопровода *3*, выполнено в виде сварной балки *5*, в которой пред-

усмотрены гнезда прямоугольного сечения. В этих гнездах находятся съемные блоки с дозирующими насосами *4* и фильерными комплектами *6*. Формовочное устройство обогревается трубчатыми энергонагревателями, установленными в алюминиевые блоки. Для охлаждения выходящих капилляров фильеры струек расплава полимера предназначена обдувочная головка *7*, расположенная внутри пучка. Головка выполнена в виде пористого пустотелого цилиндра. Для подачи воздуха в обдувочную головку служит трубопровод *8*. После замасливающих дисков *10* пучок нити проходит направляющие ролики *9* и *11* и подается на вытяжные вальцы *12*, предназначенные для транспортирования и фильерного вытягивания жгута, состоящего из 12 или 24 комплексных нитей. Укладка жгута в контейнер *16* осуществляется вращающейся трубкой *13*, в которую жгут подается воздухом. Трубка устанавливается на пантографе *14*, смонтированном на колонке *15*.

Непрерывный процесс производства наиболее эффективен при получении однотипной массовой продукции.

Технические характеристики поточных линий для получения полиамидных волокон приведены в табл. 3.2.1.

3.2.1. Техническая характеристика поточных линий для получения полиамидных волокон

Показатели	ШАК-15	ША-5-К
Линейная плотность жгута, ктекс	0,3	60
Производительность, т/сутки	15	5
Технологический процесс	Непрерывный	Периодический
Скорость, м/с:		
формования	5,82	-
жгута при отделке	-	2,5

3.2.3. АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ НИТЕЙ И ВОЛОКОН

К специальным нитям и волокнам относятся углеродные, стеклянные, борные, полые, медицинские и др.

Углеродные волокна и нити, состоящие главным образом из углерода, получают термической обработкой при температуре 400 + 3000 °С химических волокон и нитей. Исходным сырьем для получения углеродных волокон и нитей служат вискозные, полиакрилонитрильные и пековые нити.

На рис. 3.2.5 приведена линия ЛВУ-12 для производства волокон углен. Из емкостей (контейнеров) гидратцеллюлозные жгуты поступают через жгутораспределяющее устройство *1* в сушильную машину *2*, где они обдуваются нагретым воздухом. Далее жгуты поступают в ванну машины *3* для пропитки и отжима. Для равномерного нанесения на жгуты пропиточного раствора и для удаления воздуха они подвергаются отжиму первой парой цилиндров.

При выходе из пропиточной ванны жгуты отжимаются второй парой цилиндров и направляются во вторую сушильную машину *2*. Обработанные жгуты с помощью жгутоподающего механизма *4* подаются в секционные контейнеры *6* с помощью укладчиков *5*. Далее контейнеры со жгутом поступают на дальнейшую высокотемпературную обработку (карбонизацию).

Техническая характеристика линии ЛВУ-12 дана ниже.

Рабочая длина вала, мм	1000
Скорость движения жгута, м/с:	
максимальная	0,033
минимальная	0,011
Масса, кг	15 000
Габаритные размеры, мм:	
длина	15 000
ширина	7000
высота	3500

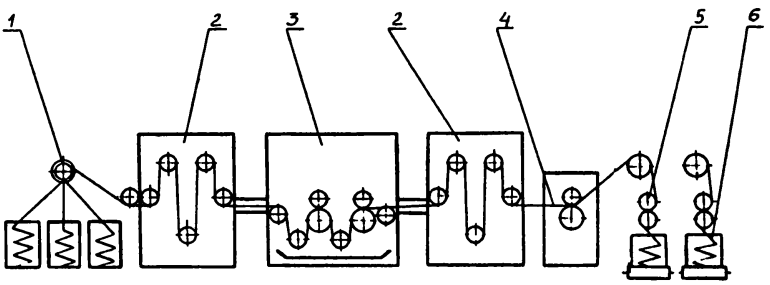


Рис. 3.2.5. Линия ЛВУ-12

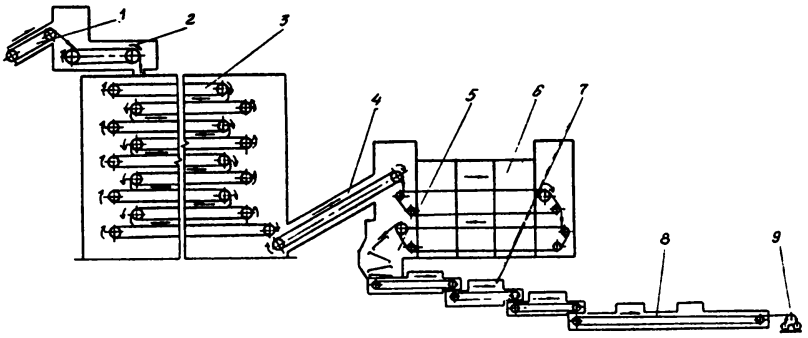


Рис. 3.2.6. Линия ЛТХ-1:
1 - конвейер; *2* - печь активации; *3* - печь окисления; *4* - камера шлюзования; *5* - шахта; *6* - печь предкарбонизации; *7* - печь карбонизации; *8* - печь поверхностной обработки; *9* - приемное устройство

На рис. 3.2.6 показана схема технологической линии ЛТХ-1 термообработки углеродных волокон из нефтяных изотропных пеков.

Техническая характеристика линии приведена ниже.

Обрабатываемый материал	Холст из пековых нитей
Ширина холста, мм	1200
Толщина холста, мм	5 + 60
Скорость транспортирования холста при обработке, м/ч	90 + 150
Температура обработки в печи, °С:	
активации	До 350
окисления	До 300
предкарбонизации	1100
карбонизации	1800
поверхностной обработки	700
Общая установленная мощность, кВт	До 3500
Производительность, т/год	500 + 1000

Стеклопрядильный агрегат (СПА) приведен на рис. 3.5.7. Стеклянные шарики из основного бункера *1* поступают в бункер *2* и затем самотеком - в стеклоплавильный сосуд *3*, где происходит их плавление. Вытекающие из отверстия в дне сосуда (фильерной пластины) расплавленные струйки стекла, охлаждаются на воздухе или с помощью подфильерного холодильника *4*, замасливаются в устройстве *5*, собираются в один пучок в нитесборнике *6*. Пучок заправляется в нитераскладчик *7* и наматывается на бобину *8*. Наматывающий механизм служит также для вытягивания нити.

Стеклоплавильный сосуд представляет собой малогабаритную электрическую печь сопротивления, изготовленную из сплава благородных металлов, главным образом платины, родия и палладия. Снизу сосуд ограничен дном (фильерной пластиной) с отверстиями, в которые вварены насадки цилиндрической формы. Число насадок (фильер) в одной пластине колеблется от 50 до 800. Длина фильер 0,3+0,6 см, внутренний диаметр 0,08+0,3 см. Срок службы сосудов составляет четыре - девять месяцев.

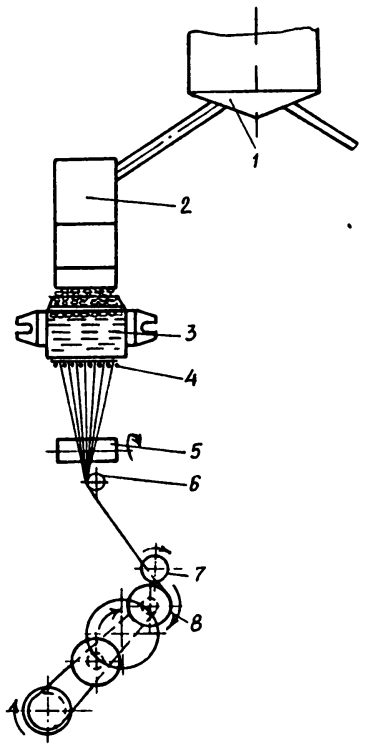


Рис. 3.2.7. Агрегат для получения стеклянных нитей двухстадийным способом

Сосуд разогревается до 1250 ÷ 1450 °С проходящим через него электрическим током силой 2000 ÷ 6000 А и напряжением 3 ÷ 6 В, для поучения которого в агрегате предусматривается установка понижающего трансформатора на каждое рабочее место. Для уменьшения расхода энергии и потерь тепла сосуд при монтаже теплоизолируется.

Количество расплавленного стекла ($м^3/с$), вытекающего из отверстий фильеры,

$$Q = \pi p r^4 m / l \eta,$$

где p - давление расплава над фильерой, Па; r - радиус капилляра, м; m - число капилляров в фильере; l - длина капилляра, м; η - динамическая вязкость расплава, Па·с.

Диаметр получаемой элементарной нити с учетом скорости наматывания

$$d = \sqrt{4Q / \pi v},$$

где v - скорость наматывания.

Фильеры на фильерной пластине группируют в продольные и поперечные ряды. При числе фильер в поперечном ряду до четырех дополнительного охлаждения выходящих струек стекла не требуется. Если число отверстий больше четырех, то устанавливают охлаждающее устройство (подфильерный холодильник). Охлаждение выходящих струек может проводиться также с помощью воздуха, подаваемого в подфильерную зону.

Все приемно-намоточные устройства, устанавливаемые на стеклопрядильных агрегатах (наматывающие аппараты), имеют бесфрикционный привод. Скорость наматывания в процессе работы на этих аппаратах может оставаться постоянной (регулируемый период) или изменяться в течение всего цикла наматывания. На стеклонаматывающих аппаратах применяют безынерционные механизмы раскладки нити.

При одностадийном способе формования (рис. 3.2.8) в стеклоплавильные сосуды поступает расплавленная стеклянная масса, полученная в стекловарочных печах. Расплавленная стеклянная масса из стекловарочной печи *1* поступает в фидер *2* и через питающие трубки *3* и сосуд *4* вытекает из отверстий фильер, собирается нитесборником *5* в комплексную нить *6*, вытягивается с помощью дисков *7* и раскладчиком *8* эжекторного типа раскладывается на непрерывно движущийся конвейер *9* в виде слоя заданной толщины и ширины. Слой стеклянных нитей пропитывается затем клеящим веществом в ванне *10* и в виде холста поступает в сушильную камеру *11*. Высушенный холст наматывается на патрон *12*.

3.2.4. АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Волокнистые и твердые отходы производства синтетических волокон перерабатываются либо в гранулят, либо в нетканые материалы, а искусственные волокна используются для армирования смесей и для переработки в нетканые материалы. Волокнистые отходы измельчаются на роторных машинах типа ВИРМ-1,8 фирм Лароше (Франция), Аутефа (Германия) либо на роторных машинах с провальной решеткой типа ИПР (Россия), фирм ФБМ (Италия), Херболд (Германия) и др. Отходы, измельченные в роторных машинах типа ВИРМ-1,8, перерабатываются в основном в нетканые материалы. Твердые отходы измельчают в дробилках (щековых, молотковых

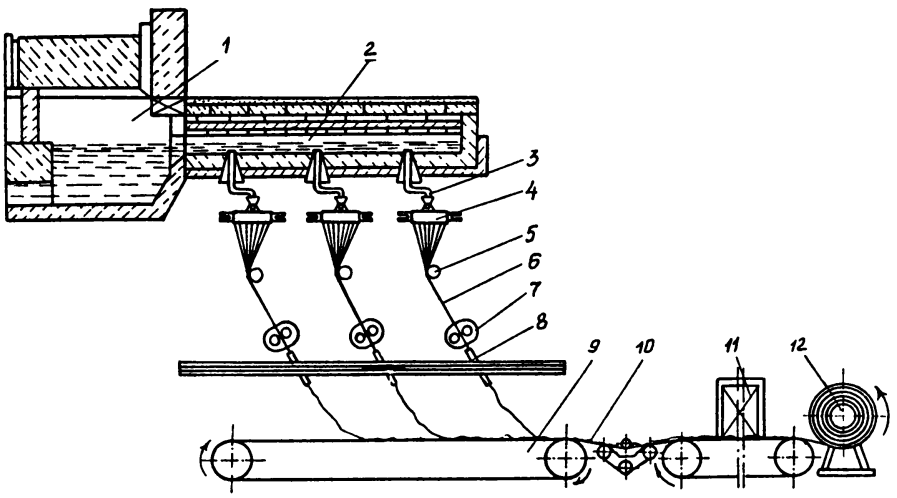


Рис. 3.2.8. Агрегат для получения стеклянных нитей одностадийным способом

и др.). Гранулят, полученный из отходов, используют для производства литых полимерных изделий и фильерных нетканых материалов в агрегатах АПО-1-1500 или линиях fenix-bidim фирмы Ренэ Поуленк (Франция).

Переработка измельченных отходов в автоклавах дает гранулят низкого качества. В этом случае отходы подаются в нагретую выше температуры плавления вместимость, из которой проводится непрерывная выгрузка расплава. При плавлении отходов в шнековых экструдерах (рис. 3.2.9, *а*) отходы из бункера *1* поступают в экструдер *2*. Газы, выделяющиеся при плавлении отходов, удаляются через дегазационную камеру *3*. Расплав полимера после фильтрации в фильтре *4* подается на гранулирование. Для плавления отходов применяют одно- и двухшнековые экструдеры.

При расплавлении отходов в роторно-ножевом расплавителе (рис. 3.2.9, *б*), например, фирм Аутоматик (Германия), Ерема (Австрия) и др., они подаются в цилиндрический корпус *1* на вращающийся ротор *2* с ножами. Отходы многократно перерубаются между подвижными ножами ротора и неподвижными ножами, укрепленными на корпусе, нагреваясь и расплавляясь при этом. Расплавленный полимер поступает в шнековый экструдер *3*, корпус которого обогревается нагревателями и после гомогенизации выдается на гранулирование.

Гранулы из расплава могут производиться при переработке полиолефинов и полиэтилентерефталата на подводных грануляторах (фирмы Аутоматик, Берстофф и др.), на рубильных станках рубкой жилки и литьем

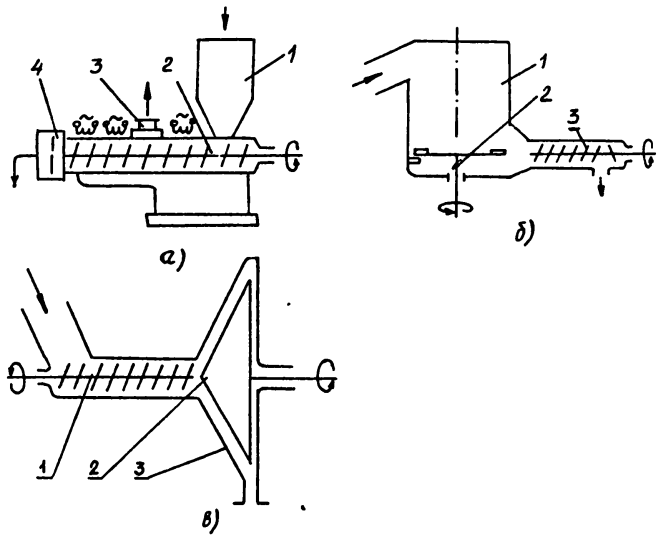


Рис. 3.2.9. Устройство для плавления отходов производства:
а - шнековый экструдер; *б* - роторно-ножевой расплавитель; *в* - дисковый пласткомпактор

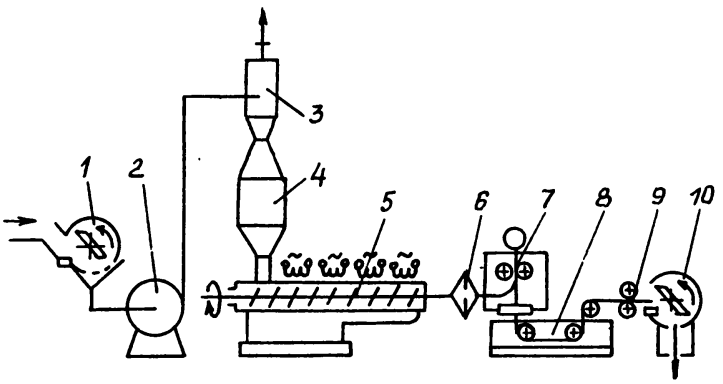


Рис. 3.2.10. Агрегат для переработки отходов производства синтетических волокон

пленки на поверхность охлаждаемого цилиндра.

При переработке отходов в пласткомпакторе фирмы Кондакс (Германия) (рис. 3.2.9, *в*) они шнековым питателем *1* подаются по оси вращающегося диска *2* и превращаются без плавления в цилиндрические гранулы вследствие взаимодействия отходов с корпусом *3* и диском. Гранулы при выходе из агрегата измельчаются и выгружаются. Описанные узлы работают, как правило, в комплектных агрегатах (рис. 3.2.10). Волокнистые отходы поступают в рубильное устройство *1* и после измельчения вентилятором *2* через циклон *3* подаются в бункер *4*. После плавления в экструдере *5* расплав через фильтр *6* подается в литьевое устройство *7*, снабженное напорным насосом и фильерой. Струи полимера из фильеры поступают в литьевую ванну *8* и тянущими вальцами *9* подаются в рубильный станок *10*, откуда идут на затаривание или переработку.

Из рассмотренного оборудования агрегаты с двухшнековым расплавителем перспективны для получения гомогенизированных окрашенных и наполненных полимеров. Одношнековые расплавители применяют при использовании высокоэффективных статических и динамических смесителей. Дисковые пласткомпакторы и роторно-ножевые расплавители более просты по конструкции и имеют меньшую энерго- и металлоемкость при невысоких требованиях к гомогенизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Агрегаты** и машины для формования химических нитей из расплавов / Под общ. ред. И. И. Матюшева. Л.: Машиностроение, 1989. 288 с.

2. **Волхонский А. А., Носов М. П.** Способы текстурирования химических нитей. М.: НИИТЭХИМ, 1972. 73 с.

3. **Высокоскоростное** формование / Под ред. А. Зябицкого, Х. Кеван. М.: Химия, 1988. 488 с.

4. **Граф Е. В., Пакшвер А. Б.** Теоретические расчеты в производстве химических волокон. М.: Химия, 1978. 256 с.

5. **Зазулина З. А., Дружинина Т. В., Конкин А. А.** Основы технологии химических волокон. М.: Химия, 1985. 303 с.

6. **Зябицкий А.** Теоретические основы формования волокон: Пер. с англ. М.: Химия, 1979. 503 с.

7. **Исаченко В. П., Осипова В. А., Сухомел А. С.** Теплопередача. М.: Энергия, 1975. 486 с.

8. **Каган В. М.** Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 116 с.

9. **Камерер И. С.** Теплоизоляция в промышленности и строительстве. М.: Изд. литературы по строительству, 1965. 378 с.

10. **Кляре Г., Фрицше Э., Гребе Ф.** Синтетические полиамидные волокна. М.: Мир, 1966. 688 с.

11. **Касаткин А. Г.** Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Энергия, 1970. 630 с.

12. **Коритысский Я. И.** Колебания в текстильных машинах. М.: Машиностроение, 1973. 320 с.

13. **Коротеева Л. И., Озерский О. Н., Яскин А. П.** Технологическое оборудование заводов химических нитей и волокон. М.: Легпромбытиздат, 1987. 400 с.

14. **Машины** для формования химических и минеральных волокон / Под ред. Х. З. Регельмана. Л.: Машиностроение, 1972. 264 с.

15. **Оборудование** для переработки химических волокон и нитей / Под ред. В. А. Усенко. М.: Легкая индустрия, 1977. 366 с.

16. **Прошков А. Ф.** Машины для производства химических волокон. М.: Машиностроение, 1974 472 с.

17. **Прошков А. Ф.** Расчет и проектирование машин для производства химических волокон. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1992. 408 с.

18. **Рагузин А. А., Ушакова К. Н.** Конструктивные особенности машины для перематывания и кручения по сокращенной технологии выработки многокруточных нитей // Обзор. информация. Общие вопросы по легкой промышленности. М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1990. 40 с.

19. **Роговин З. А.** Основы химии и технологии химических волокон. М.: Химия, 1974. Т. 1. 518 с.; Т. 2. 344 с.

20. **Сухарев В. А., Матюшев И. И.** Расчет тел намотки. М.: Машиностроение, 1982. 198 с.

21. **Теплофизические** свойства полимерных материалов / А. Н. Пивень и др. М.: Энергия, 1975. 179 с.

22. **Технология** производства химических волокон / А. Н. Ряузов, В. А. Груздев, И. П. Бакшеев и др. М.: Химия, 1980. 448 с.

23. **Торнер Р. В.** Теоретические основы переработки пластмасс в червячных машинах. М.: Машиностроение, 1972. 270 с.

24. **Усенко В. А.** Производство крученых и текстурированных химических нитей. М.: Легпромбытиздат, 1987. 332 с.

25. **Фещенко - Высоцкий Л. И., Корнеев А. В., Коваленко М. И.** Конструкции обогреваемых дисков // Обзор. информация. ЦНИИТЭИ. М.: НИИТЭХИМ, 1976. 25 с.

РАЗДЕЛ 4

МАШИНЫ И АППАРАТЫ ШВЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Глава 4.1

ОБОРУДОВАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Подготовительные работы швейного производства включают прием и контрольный просмотр тканей с целью выявления их пороков. Затраты на материал в себестоимости швейных изделий составляют до 90 %, что свидетельствует об огромном значении экономии материалов при изготовлении швейных изделий. Структурная схема комплексно-механизированного подготовительного участка дает общее представление об организации подготовки к раскрою рулонных материалов (рис. 4.1.1).

4.1.1. ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЛЕКАЛ

Площадь лекал (длиной 100 ÷ 1500 мм и шириной 100 ÷ 750 мм) измеряется с помощью фотоэлектронных машин ИЛ (рис. 4.1.2). Внедрение их повысило точность измерения и производительность труда. Измеряемое лекало *4* укладывается на подвижную прозрачную (из оргстекла) крышку стола *3*. Под крышкой неподвижно закреплен стальной лист *1* с дугообразной щелью. Крышка стола в процессе измерения площади лекала перемещается вдоль направляющих *2* с постоянной

Рис. 4.1.1. Структурная схема комплексно-механизированного подготовительного участка

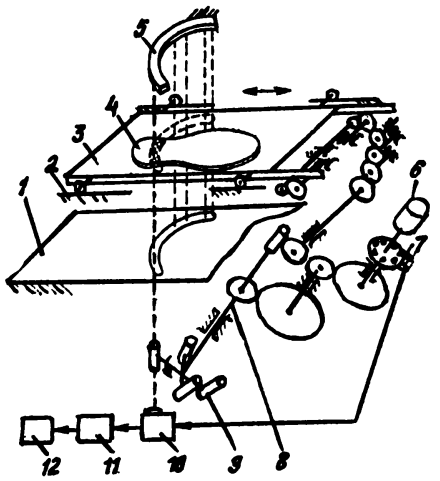


Рис. 4.1.2. Схема машины ИЛ

скоростью. Над столом установлены лампы *5*, свет от которых через прозрачную крышку стола и щель листа попадает в оптические трубки *9*, установленные на поворотном устройстве *8* (турели), расположенном под столом машины. Оптические оси трубок *9* турели лежат на конической поверхности, в вершине которой находится неподвижное фотореле *10*.

Турель *8* вместе с трубками вращается с постоянной угловой скоростью ($\omega = 25$ рад/с), совершая один оборот за время перемещения крышки стола на 4 см. Ось вращения турели расположена под некоторым углом к вертикали, чтобы каждая трубка последовательно совершала рабочий ход на 1/4 оборота турели, "просматривая" при этом на крышке стола полоску длиной 80 см и шириной 1 см. Таким образом, за один полный оборот турели "просматривается" поверхность крышки стола площадью $4 \cdot 80 = 320$ см^2.

В машине имеется индукционный генератор *7* импульсов, подающий 320 импульсов за каждый оборот турели. Импульсы через усилитель генератора и фотореле *10* подаются на электронный счетчик импульсов *11*. Электрическая схема фотореле собрана таким образом, что цепь между генератором и счетчиком импульсов прерывается при засвечивании реле. Это позволяет проводить оптическую развертку площади лекала (лекала делаются из непрозрачного материала), суммируя ее по мере "просмотра" поверхности движущейся крышки стола. Табло *12* счетчика показывает результаты измерения (в см^2).

Машина работает при движении крышки стола и справа налево, и слева направо. Это исключает холостой ход, а при необходимости позволяет повторно измерять площадь лекала.

Привод крышки стола *3*, турели *8* и генератора *7* импульсов осуществляется от одного электродвигателя *6* через систему зубчатых и червячных передач.

4.1.2. РАЗБРАКОВКА И ИЗМЕРЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Эти операции выполняются на механизированных промерочно-браковочных станках различных конструкций, например на станках РС-1 и РС-2, ПРС-140 и ПРС-160, на которых измерение ширины кусков ткани механизировано и выполняется одновременно с разбраковкой и измерением длины.

На большинстве станков такого типа ткань перемещается приводными валиками *3*, *4* (рис. 4.1.3, *а*). Ось приводного валика *4* кинематически связана с регистрирующим устройством, являющимся счетчиком или оборотов, или импульсов. В первом случае кинема-

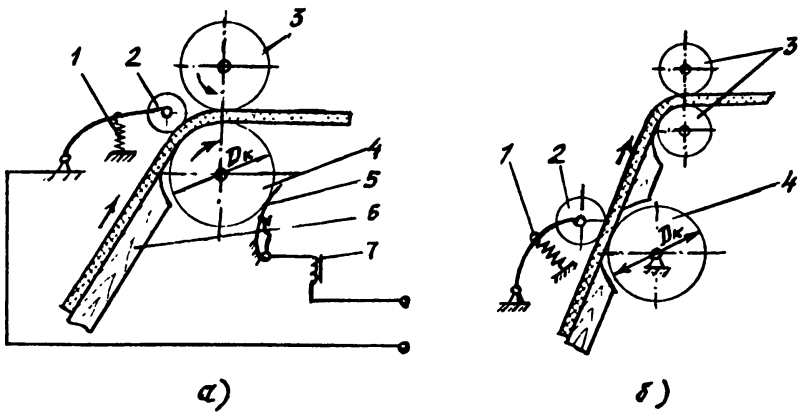


Рис. 4.1.3. Схема устройства для измерения длины ткани:
1 - пружина контактного ролика; *2* - контактный ролик; *3* - транспортирующие приводные валики (верхний прижимной валик); *4* - счетное колесо; *5* - контактная щетка; *6* - смотровая доска; *7* - обмотка электромагнита для размыкания кинематической цепи между осью транспортирующего органа и счетчиком длины

тическая цепь передает счетчику с некоторым передаточным отношением угловые перемещения измерительного органа; во втором - преобразует угловые перемещения в эквивалентное число импульсов.

Измерение длины материала. В устройствах для измерения длины, установленных на браковочном столе и работающих по первому принципу, обязательно предусматривается узел для размыкания кинематической цепи между транспортирующим органом и счетчиком длины во время холостого хода (*1, 2, 5*). Когда для регистрации длины используется счетчик импульсов, электрическая цепь, передающая счетчику импульсы, размыкается с помощью фотореле.

В устройствах, работающих по второму принципу, измерительным органом является счетное колесо, не имеющее самостоятельного привода и приводимое во вращение движущейся тканью (рис. 4.1.3, *б*). Транспортирующие валики *3* перемещают ткань, которая, прижимаясь к счетному колесу *4*, заставляет его вращаться. Для прижатия используется свободно вращающийся ролик *2* и пружина *1*. Чтобы после окончания куска ткани счетное колесо не вращалось по инерции, вводятся простые, автоматически срабатывающие тормозные устройства.

Основное требование, предъявляемое к устройствам для измерения длины, - создание необходимого усилия прижатия между транспортирующим валиком и тканью (рис. 4.1.3, *а*) или между тканью и счетным колесом (рис. 4.1.3, *б*). Для получения необходимого усилия прижатия ткани к измерительному органу стремятся увеличить коэффициент трения между ними. Для этой цели транспортирующий валик и счетные колеса обтягивают шинельным сукном, рифленой резиной, кардолентой и т.д. В устройствах, работающих по второму принципу, для этой же цели счетное колесо располагают так, чтобы ткань огибала его на некоторый угол.

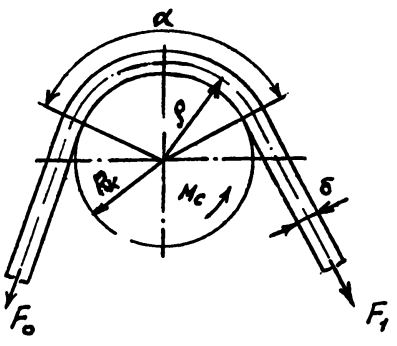


Рис. 4.1.4. Схема взаимодействия измерительного органа с тканью

При измерении длины ткани цилиндрическими колесами или валиками кроме погрешностей измерения, связанных с проскальзыванием ткани, возникают дополнительные погрешности, зависящие от ее толщины и натяжения.

Абсолютная погрешность измерения длины (рис. 4.1.4)

$$\Delta L = L_и(1 - \rho / R_к + \rho\varepsilon / R_к),$$

где $L_и$ - измеренная длина; $R_к$ - радиус колеса или валика; $\rho = R_к + \delta / 2$; $\varepsilon = F_0 / (ES)$; δ - толщина измеряемой ткани; F_0 - натяжение ткани до колеса или валика; E - модуль упругости ткани; S - поперечное сечение ткани.

Для снижения погрешности измерения номинальный диаметр измерительного колеса или валика следует определять с учетом толщины ткани. Для этой цели в станках РС-1 и РС-2 использованы измерительные колеса регулируемого диаметра. В некоторых конструкциях применяются сменные или ступенчатые измерительные колеса. Для повышения точности измерения трасса движения ткани в станке выбирается такой, чтобы на измеряемом участке натяжение ткани было минимальным, не превышающим допускаемого, определяемого заданной точностью. Например, при измерении тонких тканей и тканей средней толщины допускаемое натяжение не должно превышать 0,5 Н/см ширины ткани.

Если в устройствах движущаяся ткань приводит в движение счетное колесо, преодолевая при этом момент сопротивления M_c, то особенно важно выбрать коэффициент трения f и угол обхвата колеса тканью α так, чтобы длина измерялась при минимальной силе F_0, приложенной к ткани на измеряемом участке.

Рассмотрим схему сил, действующих на колесо при его перемещении. Для вращения колеса без проскальзывания должно выполняться следующее условие: $F_1R_к = F_0R_к + M_c$. Сила $F_1 = F_0 e^{f\alpha}$. В таком случае $e^{f\alpha} = 1 + M_c/(R_кF_0)$, откуда $f\alpha = \ln[1 + M_c/(R_кF_0)]$.

Полученное выражение позволяет выбрать параметры α и f в зависимости от допускаемого значения F_0. По условиям заправки угол α обхвата ткани не может быть очень большим, поэтому принимают меры для повышения коэффициента трения между тканью и измерительным колесом.

В промерочно-браковочных станках ПРС-140 и ПРС-160 для повышения точности измерения использовано электростатическое поле, создаваемое в зоне расположения измерительного органа. Производственные испытания станка ПРС-140 показали, что относительная погрешность измерения длины не

превышает ± 0,2 %, в то время как на других станках она составляет около 0,5 %. Еще более высокую точность обеспечивают устройства, в которых два конвейера, расположенных по обеим сторонам ткани, движутся с одинаковой скоростью и перемещают ее, зажав между собой. Такие устройства использованы в промерочно-браковочных станках РС-4Б для ткани типа болоньи и в мерильно-резательных машинах, в которых требуется высокая точность измерения.

Длина куска ткани (в см) заносится в паспорт и используется при расчете, когда формируют настил.

Измерение ширины материала. Для рационального использования площади ткани все рулоны и куски одного настила должны иметь одинаковую ширину. Поэтому для правильного подбора рулонов необходимо измерять их ширину через каждые 3 м. Для шерстяных тканей номинальной шириной считают часто встречающуюся, для остальных - наименьшую (при повторении ее не менее двух раз в куске длиной 40 м). Ширина ткани (в см) указывается в паспорте куска. Обычно отклонение ширины не превышает ± 5 см, но в отдельных кусках достигает ± 10 см. Такие участки отмечают в паспорте и раскраивают индивидуально.

В современных промерочно-браковочных станках используются фотоэлектрические бесконтактные способы измерения ширины ткани.

В станках РС-1 и РС-2 (рис. 4.1.5) на измеряемом участке ткань *10* перемещается сверху-вниз и проходит между осветителем *6* и ходовыми винтами *9* механизма измерения. Ходовые винты получают вращение через электромагнитные реверсивные муфты *7*. На винтах находятся ходовые гайки *8* с кронштейнами *1*, на которых с расстоянием в 1 см установлены фотосопротивления *2* - *5*.

Электрическая цепь управления электромагнитными муфтами замыкается, когда свет от осветителя перестает попадать на фотосопротивления *2* и *5* или когда засвечиваются

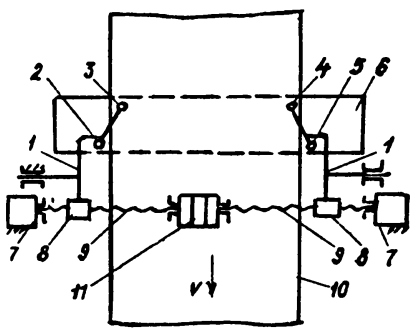


Рис. 4.1.5. Схема измерения ширины ткани

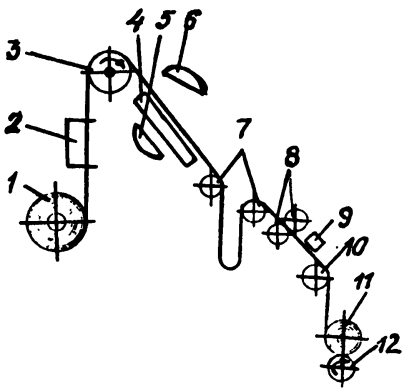


Рис. 4.1.6. Схема рабочих органов машины РС-2

фотосопротивления *3* и *4*. В первом случае муфты вращаются так, что винты перемещают гайку в сторону кромок ткани до тех пор, пока на фотосопротивления *2* и *5* вновь не попадает свет. Во втором случае гайка перемещается к середине ткани до тех пор, пока фотосопротивления *3* и *4* не будут вновь затемнены. Если кромки ткани располагаются между сопротивлениями *2* и *3*, сигналы отсутствуют. Относительные угловые перемещения винтов, пропорциональные изменению ширины ткани, суммируются и регистрируются в счетчике *11* с точностью до 1 см.

В станках ПРС-140 и ПРС-160 для измерения ширины имеются осветитель и две группы неподвижных фотодиодов с каждой стороны. В каждой группе фотодиоды расположены со смещением осей на 0,5 см. Специальное устройство осуществляет первоначальную установку групп фотодиодов в соответствии с номинальной шириной ткани.

В машине РС-2 (рис. 4.1.6) ткань из рулона *1*, пройдя раздублирующее устройство *2*, поступает через транспортирующий вал *3* на прозрачный просмотровый экран *4*. Под экраном и над ним расположены осветители *5* и *6*, позволяющее определить пороки материала. ткань проходит через направляющие валы *7*, устройства *8* и *9* для измерения длины и ширины и через направляющий валик *10* - на вал *11* наматывания материала, который вращается от соприкасающегося с ним винтового вала *12*.

4.1.3. НАСТИЛАНИЕ ТКАНЕЙ

Процесс формирования настила предполагает последовательную укладку полотен материала одинаковой длины друг на друга так, чтобы кромки всех слоев по возможности совпадали. Настилы подбирают в соответствии с ассортиментом, программой выпуска изделий, количеством материалов и особенностями оборудования для формирования настила и раскроя. Чаще всего настил формируют на

стационарном настилочно-раскройном столе, состоящем из секций, что позволяет варьировать его размеры.

В швейной промышленности применяют одно- и многоплоскостные столы (до семи). Многоплоскостные столы - автоматический настилочный комплекс (АНК) - позволяют повысить коэффициент использования раскройного цеха, эффективность настилочных машин, так как в этом случае одна машина может производить последовательное, параллельное и комбинированное формирование настила, обслуживая все плоскости стола.

Наиболее рациональным является параллельно-последовательный метод формирования настила, при котором для получения одного настила используется несколько рулонов или кусков и в то же время каждый рулон применяется для формирования в нескольких настилах разной длины. Это требует размещения в зоне настилочного стола достаточного числа рулонов. Эта задача решается применением следующих устройств:

передвижных механизированных цепных элеваторов, устанавливаемых у торца настилочного стола *5* (рис. 4.1.7). Элеватор представляет собой установленную на тележке *1* сварную раму *2* с вертикально-замкнутым цепным конвейером *3*, на котором имеются держатели рулонов *4* и привод конвейера. На элеваторе может быть размещено до 11 рулонов;

механизированных настилочных столов с люлечным конвейером, расположенным под столом. В люльках размещаются рулоны, которые устройством адресного управления могут быть вызваны к оператору. Вместимость конвейера 35 - 40 рулонов;

полуавтоматических настилочных комплексов (ПНК), выпускаемых одесским заводом "Легмаш", которые служат для формирования настилов из тканей.

Настилочный стол *2* ПНК (рис. 4.1.8) располагается на каркасе *3*. Под столом размещен цепной конвейер *7* для рулонов *6*. На каркасе имеются отрезное устройство *1* и зажимная концевая линейка *8* автоматического действия, положение которой может быть отрегулировано по длине настила *9*. В настилочную каретку 5 в зоне отрезного устройства *1* заправляется конец полотна рулона *6*, каретка перемещается над плоскостью настилочного стола *2*, сматывает ткань с рулона и настилает ее. При подходе к концевой линейке *8* каретка в 3 раза снижает скорость, затем останавливается, происходит автоматический перехват конца полотна линейкой. После этого каретка, двигаясь в обратном направлении, расправляет и укладывает ткань, выравнивая кромки. В исходном положении каретка автоматически останавливается у отрезного устройства *1*, полотно отрезается и после очередной заправки конца рулона в зажим *4* каретки процесс повторяется. При формировании настила "лицом к лицу" полотно поворачивают на 180°.

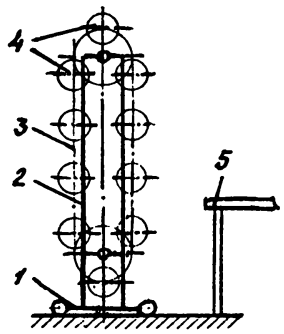


Рис. 4.1.7. Схема цепного элеватора

Основным недостатком механизированных настилочных столов, настилочных машин (Н-160-Т, 06071/Р1) и других подобных устройств является настилание ткани с некоторым натяжением, связанным со сматыванием ее с рулона без принудительного вращения последнего. Чтобы обеспечить формирование настила ткани с минимальным натяжением, начали применять настилание предварительно

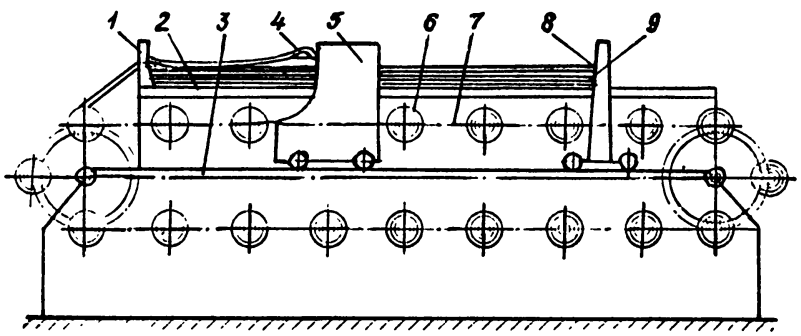


Рис. 4.1.8. Схема полуавтоматического настилочного комплекса (ПНК)

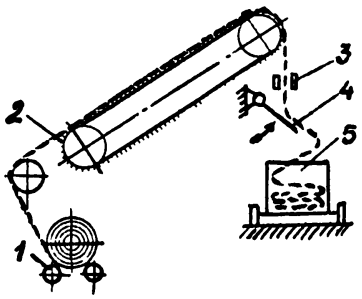


Рис. 4.1.9. Схема мерильно-резательной машины МР-3

нарезанных полотен. Разработан комплекс оборудования, включающий мерильно-резательную МР-3 и настилочную МНТ-2 машины.

Для разрезания куска ткани на полотна требуемой длины в машине МР-3 (рис. 4.1.9) предусмотрено двухвалковое размоточное устройство *1*, конвейер *2* с игольчатой лентой, отрезное устройство *3*, раскладчик *4*. Отрезные полотна одинаковой длины (точность измерения ± 2 см) поступают в контейнер *5*, из которого они подаются к настилочной машине МНТ-2. Машина МНТ-2 (рис. 4.1.10) содержит привод *1*, приводной трос (цепь) *2*, ленточный конвейер *6*, настилочную каретку *5*,

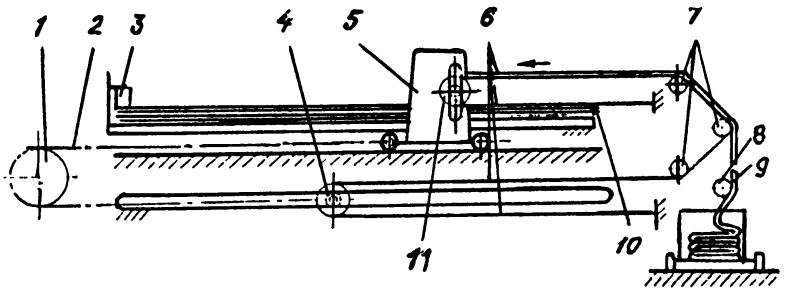


Рис. 4.1.10. Схема настилочной машины МНТ-2

натяжной валик *4*, направляющие валики *7* ленточного конвейера, устройство *8* для выравнивания кромки полотна *9* и прижимную линейку *3*. Оператор закрепляет конец полотна на держателе *10* (полоске кардоленты) конвейера *6* и включает каретку *5*, находящуюся в правом крайнем положении. Каретка *5*, двигаясь влево, перемещает огибающую валик *11* ленту конвейера и укладывает полотно (без натяжения) из конвейера в настил. В мерильно-резательной машине ММР-170 для разрезания куска ткани на полотна обеспечивается высокая точность размеров отрезаемых полотен (± 0,5 см) благодаря применению электростатического поля в зоне расположения измерительного колеса. Машина предназначена для работы в агрегате с настилочной машиной Н-170МП, разработанной также Орловским НИИлегмашем.

Глава 4.2

РАСКРОЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

4.2.1. СПОСОБЫ РАСКРОЯ МАТЕРИАЛОВ

Приняв идентичность характера разрушения материала за основной признак при классификации способов раскроя, применяемых в швейном производстве, можно выделить три основных способа раскроя - механический, термофизический и термомеханический. Механическое разрушение материала представляет собой сложный процесс последовательного деформирования и разделения материала рабочим инструментом в виде клина. Термофизический способ резания определяется термическим характером разрушения материала, вызываемого подводом в зону резания одного вида энергии. Термомеханический способ раскроя предполагает разрушение материала при использовании комбинации видов энергии. Наибольшее распространение в швейном производстве получил способ раскроя подвижным ножом на раскройных машинах.

При катковом способе раскроя материалов (рис. 4.2.1, *а*) вырезание деталей проводится при прокатывании катка *2* по резакам *1*, установленным на материал *3*, который находится на плите *4*. Таким способом раскрой может осуществляться параллельно-последовательно, при этом возможна автоматизация процесса. Низкая точность кроя обусловлена смещением резаков относительно материала при накатывании и "сходе" катка. Лучшие результаты достигаются, когда каток *2* (рис. 4.2.1, *б*) проходит по материалу *3*, уложенному на резаки *1*, находящиеся на опорной плите *4*. Между катком и раскраиваемым материалом может располагаться стальная (с покрытием) лента, обеспечивающая лучшие условия работы элементов устройства.

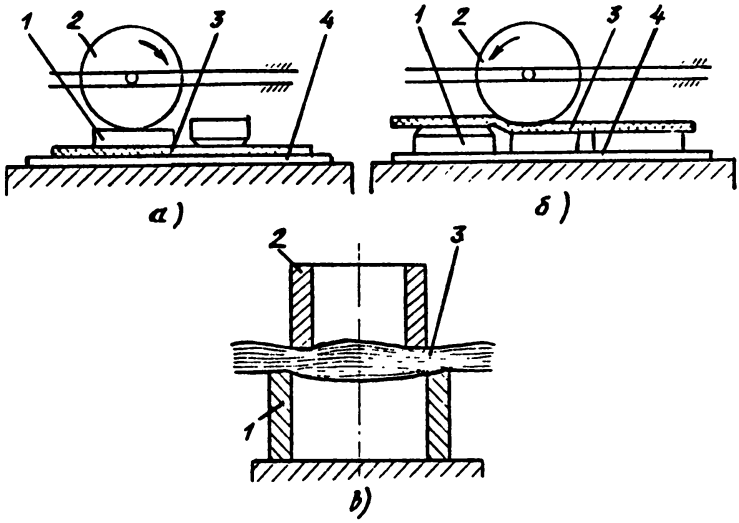


Рис. 4.2.1. Способы раскроя материала

При штамповке (рис. 4.2.1, *в*) материал *3* (один или несколько слоев) подается в зазор между матрицей *1* и пуансоном *2*, который при перемещении вначале сжимает материал (слои), а затем снимает его и срезает. Штамповка многослойного материала (настила) сопровождается различными деформациями слоев, что приводит к значительной неточности кроя. Сложность изготовления рабочих инструментов из-за частой сменяемости конфигурации выкраиваемых деталей делает применение этого способа раскроя нерациональным в швейном производстве.

Резание струей жидкости осуществляется, как правило, по контуру. Струя (смесь воды с полимером) под давлением 70 ÷ 350 МПа подается через сопло диаметром 0,075 ÷ 0,3 мм со скоростью больше 350 м/с. Возможная скорость резания до 0,4 м/с. Достоинствами способа являются: хорошее качество среза, отсутствие оплавления краев и сваривания слоев материала, возможность автоматизации процесса раскроя. В то же время сложность оборудования, сравнительно малая производительность при значительной скорости, необходимость создания специальных средств, обеспечивающих безопасность работы, сдерживают распространение способа.

Лучевой способ раскроя основан на способности практически всех высокополимерных материалов поглощать теплоту при действии луча лазера: сгорания без самопроизвольного гашения (хлопок, лен, вискоза), сгорания с самопроизвольным гашением (шерсть, шелк), плавления (синтетические материалы).

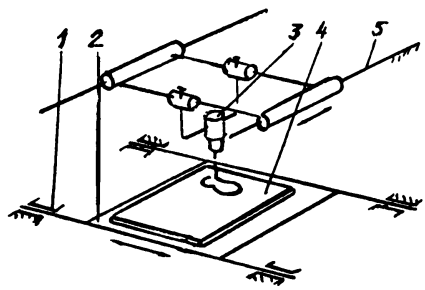


Рис. 4.2.2. Лучевой способ раскроя материала

Для резания обувных синтетических материалов наиболее пригоден лазер мощностью 600 ÷ 800 Вт с фокусировкой луча в пучок диаметром до 0,6 мм (рис. 4.2.2). Оптический резак 3, направляющий луч лазера (установленного стационарно) на материал *4*, перемещается по направляющим *5*. Материал вместе со столом *2* движется по горизонтальным направляющим *1* в направлении, перпендикулярном к перемещению резака. Оба перемещения, как правило, осуществляются шаговыми двигателями.

Для лазерного раскроя рулонных и листовых материалов предназначена установка ЛУРМ-1600.

Плазменный способ раскроя основан на использовании микроплазменной струи (сформированной разрядной дуги) для нагревания и разрушения участка материала. Практическое использование способа возможно

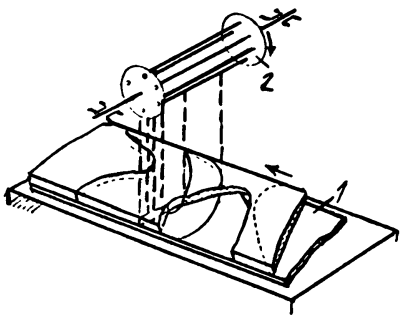


Рис. 4.2.3. Электроискровой способ раскроя материала

лишь для однослойного резания со скоростью до 0,3 м/с, так как разрезание синтетических материалов сопровождается оплавлением и спеканием среза. При плазменном способе раскроя возможно механическое разрушение материала под действием струи, истекающей из плазмотрона под давлением более 0,3 МПа. Такой газоплазменный способ раскроя можно отнести к термомеханическому.

Электроискровой способ раскроя основан на использовании в качестве режущего инструмента электрического разряда, под действием которого материал, помещенный в поле разряда между электродами, разрушается. Пробой материала электрическим разрядом осуществляется наиболее эффективно при минимальном расстоянии между электродами и материалом, но без их касания. Установка для электроискрового раскроя содержит, как правило, подвижные электроды, один из которых может представлять собой печатную плату *1* (рис. 4.2.3) с контурами вырезаемых деталей, а второй - барабан *2* в виде беличьего колеса. При перемещении платы с уложенным на нее материалом (v = 0,03 м/с) и подаче на электроды тока высокого напряжения (I = = 150 мА, U = 35 кВ) создаются импульсы электрических разрядов и происходит разрушение материала (пробой) в соответствии с рисунком платы. Точность и качество среза при электроискровом способе раскроя низкие, что объясняет его ограниченное применение.

Из термомеханических способов раскроя материалов швейной промышленности чаще всего применяют те, которые основаны на сочетании тепловой и механической энергии: электротермический, токами высокой частоты (ТВЧ) и ультразвуковой.

Электротермическое резание осуществляется режущим инструментом в виде клина (резака) или цилиндра (проволоки), в котором электрическая энергия преобразуется в теплоту. Контакт режущего инструмента с обрабатываемым материалом приводит к потере прочности последнего от действия высокой температуры в зоне резания, после чего тот же инструмент производит механическое разделение материала. В швейном производстве данный способ применяется в основном для обрезки края деталей из синтетических материалов. Низкая скорость резания (до 0,02 м/с) ограничивает использование способа.

Резание ТВЧ основано на действии высокочастотного электрического поля (2 ÷ 1000 МГц) на термопластический материал, который разогревается до вязкотекучего состояния в результате преобразования энергии электрического поля в теплоту внутри материала. Теплообразование, определяемое диэлектрическими потерями, происходит по всей толщине материала, но наиболее интенсивно прогревается его центральная часть. Режущий инструмент - резак-электрод осуществляет разделение материала с силой 7 ÷ 10 Н после разогрева его ТВЧ.

Ультразвуковой раскрой полимерных материалов - процесс размягчения и перевода материала в вязкотекучее состояние при периодическом механическом воздействии высокой частоты. Рабочий инструмент (в виде острия, гильотины, резака), являющийся элементом излучателя, преобразует электрические колебания в механические, нагревает материал и разрушает его путем механического воздействия (давления). В швейной промышленности ультразвуковой раскрой в чистом виде не нашел применения.

На предприятиях легкой промышленности для раскроя тканей чаще применяют раскройные *машины с ленточными, пластинчатыми и дисковыми ножами.*

Машины с ленточными ножами обычно устанавливают стационарно и применяют для вырезания деталей, а машины с пластинчатыми и дисковыми ножами являются передвижными, их используют для рассекания настилов на части, вырезания деталей несложной конфигурации и выполнения некоторых вспомогательных операций. В промышленности применяют стационарные раскройно-ленточные машины ЗЛ-ШВ-1, РЛ-2, РЛ-3А, РЛ-3Б, РЛ-4, РЛ-5, РЛ-6, передвижные раскройные машины с пластинчатыми ножами ЭЗМ-2, ЭЗМ-3, CS-529, CS-530 фирмы Паннония (Венгрия), а также раскройные машины с дисковым ножом ЭЗДМ-1, ЭЗДМ-2, ЭЗДМ-3, ОМ-3, изготовляемые отечественными заводами.

Раскройно-ленточные машины (рис. 4.2.4, *а* - *в*) изготовляют двух- (ЗЛ-ШВ-1), трех- (РЛ-2) и четырехшкивными (РЛ-3А, РЛ-3Б, РЛ-4, РЛ-5, РЛ-6). Трех- и четырехшкивные машины получили широкое распространение в связи с тем, что позволяют значительно увеличить рабочий вылет машины L, лимитированный в двухшкивных машинах высотой стола, так как в них должно соблюдаться неравенство $L < D < H_{1max}$.

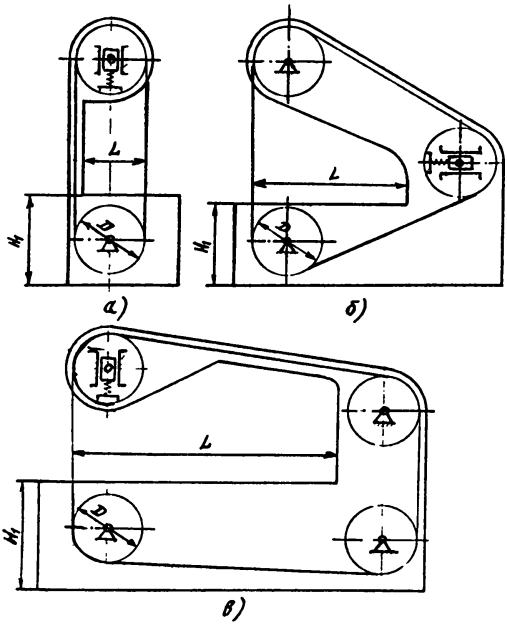


Рис. 4.2.4. Схемы раскройно-ленточных машин

Особенности конструкции основных механизмов и узлов раскройных машин рассмотрим на примере наиболее распространенных стационарных и передвижных машин РЛ-3Б, CS-529, ЭЗДМ-3, процесс работы которых характеризуется резанием материала подвижным ножом.

4.2.2. РЕЗАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОДВИЖНЫМИ НОЖАМИ

При резании рабочий угол заострения подвижного ножа меньше конструктивного угла. Вследствие этого снижается сила резания, повышается чистота среза и облегчаются условия работы на машине. При подаче материала на нож со скоростью v_1 и движении ножа со скоростью v_2 за время Δt точка A материала перемещается относительно ножа в точку C_2 (рис. 4.2.5, *а*). Обозначим α_2, α_1 половины соответственно рабочего и конструктивного углов заострения ножа, а $k = v_2/v_1$. Тогда

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{B_2C_2}{AB_2} = \frac{B_1C_1}{AB_1\sqrt{1+\left(\dfrac{B_1B_2}{AB_1}\right)^2}};$$

$$\frac{B_1B_2}{AB_1} = \operatorname{tg}\alpha_1;\quad \frac{B_1B_2}{AB_1} = \frac{v_2\Delta t}{v_1\Delta t} = \frac{v_2}{v_1} = k;$$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \operatorname{tg}\alpha_1 \frac{1}{\sqrt{1+k^2}}.$$

Интенсивное изменение угла α_2 наблюдается при $k < 30$ (рис. 4.2.5, *б*).

Направление полной силы резания, приложенной к материалу, в первом приближении можно считать совпадающим с направлением скорости движения ножа относительно материала. Тогда полная сила резания

$$F_п = F_0 + 2N\sin\alpha_2 + 2Nf_1\cos\alpha_2,$$

где F_0 - сопротивление движению острия; N - сила давления материала на нож; f_1 - коэффициент трения материала о нож; $F_{тр} = f_1N$ - сила трения материала о нож.

С увеличением k сила $F_п$ будет уменьшаться, так как уменьшается угол α_2, а работа, необходимая для разрезания материала, изменяется незначительно. Составляющие силы резания F_x и F_y и сопротивление движению материала Q могут быть записаны как

$$F_y = F_п\sin\beta;\ F_x = F_п\cos\beta;\ Q = F_x + f_2(F_y + G_м),$$

где f_2 - коэффициент трения материала о стол; $G_м$ - вес материала.

Так как $\operatorname{tg}\beta = k$, находим $F_x = F_п\frac{1}{\sqrt{1+k^2}}$; $F_y = \frac{k}{\sqrt{1+k^2}}$; $Q = \frac{F_п}{\sqrt{1+k^2}} \times (1 + f_2k) + f_2G_м$.

При росте k силы F_x и Q уменьшаются интенсивнее α_2 (так как снижается сила $F_п$), а сила F_y сначала увеличивается, а затем уменьшается (рис. 4.2.5, *в*).

При работе раскройно-ленточной машины наблюдаются поперечные колебания ножа, влияющие на точность кроя. Амплитуда поперечных колебаний и неточность кроя снижаются с увеличением натяжения ножа, с уменьшением расстояния между его направляющими. Кроме того, амплитуда зависит от скорости и жесткости ножа, диаметра шкивов и некоторых других факторов.

Для обеспечения надлежащей точности раскроя и чистоты среза принимают $k = 40 \div 100$. Тогда при $v_1 \approx 0{,}2 \div 0{,}25$ м/с имеем $v_2 = 8 \div 20$ м/с. Меньшие скорости ножа назначаются при раскрое хлопчатобумажных и шерстяных тканей.

Исполнительными механизмами машин с пластинчатыми ножами являются кривошипно-ползунные механизмы, состоящие из кривошипов *1*, шатунов *2* и ползунов *3*, к которым крепятся пластинчатые ножи *4* (рис. 4.2.6). В рассматриваемых машинах скорости ножей не постоянны и, следовательно, про-

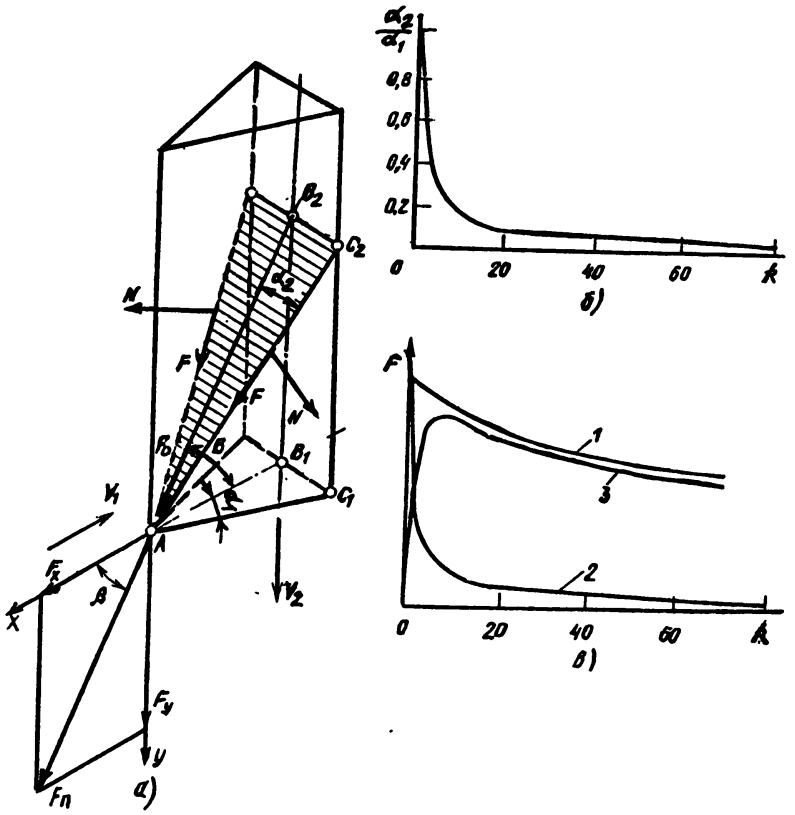


Рис. 4.2.5. Схема сил, действующих на подвижной нож (*а*), зависимости α_2/α_1 от k (*б*) и сил резания F_n (1), F_x (2) и F_y (3) от k (*в*)

цесс резания не стабилен. Положение ножа определяется ординатой

$$y = l\cos\varphi_1 - r\cos\varphi$$

или, так как

$$\sin\varphi_1 = \frac{r}{l}\sin\varphi = \lambda\sin\varphi,$$

$$y \approx r\left(\frac{1}{\lambda} - \cos\varphi - \frac{\lambda}{2}\sin^2\varphi\right),$$

где r - радиус кривошипа; l - длина шатуна; φ_1 - угол между шатуном и линией движения ползуна.

Скорость и ускорение ножа являются функциями:

$$v_2 = \frac{dy}{dt} = \frac{dy}{d\varphi}\frac{d\varphi}{dt} \approx \omega_1 r\left(\sin\varphi - \frac{\lambda}{2}\sin 2\varphi\right);$$

$$a_2 = \frac{dv_2}{dt} \approx \omega_1^2 r\left(\cos\varphi - \lambda\cos 2\varphi\right).$$

Графики скорости, ускорения и отношения α_2 / α_1 ножа приведены на рис. 4.2.7, *а*. В процессе работы машины отношение α_2 / α_1 углов сильно колеблется, что существенно влияет на изменение сил резания F_x по величине и F_y по величине и направлению (рис. 4.2.7, *б*). Эти изменения сил и вибрации машины значительно ухудшают качество резания.

Ножи *1* дисковых передвижных раскройных машин совершают вращательное движение, передаваемое от электродвигателя *2* через коническую передачу *3*, смонтированную в корпусе *4* (рис. 4.2.8, *а*). Работа машин характеризуется различными условиями резания полотен, сравнительно большими отклонениями размеров выкраиваемых деталей и малой маневренностью. Так, в зависимости от высоты настила изменяется величина и на-

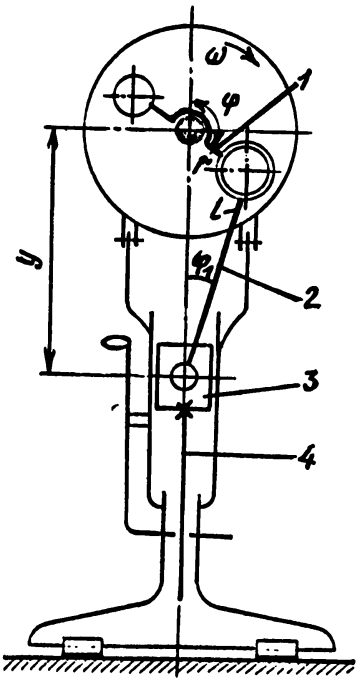


Рис. 4.2.6. Схема машины с пластинчатым ножом

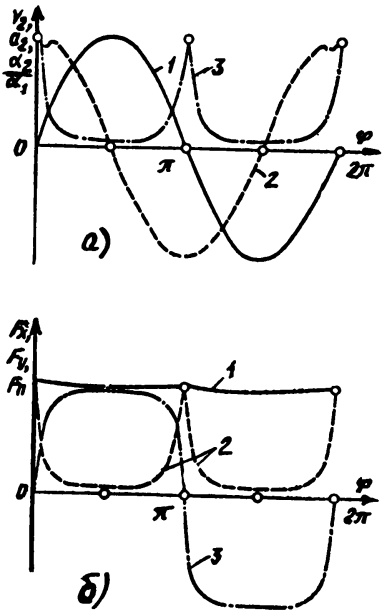


Рис. 4.2.7. Графики скорости (*1*), ускорения (*2*) и отношения α_2/α_1 (*3*) пластинчатого ножа

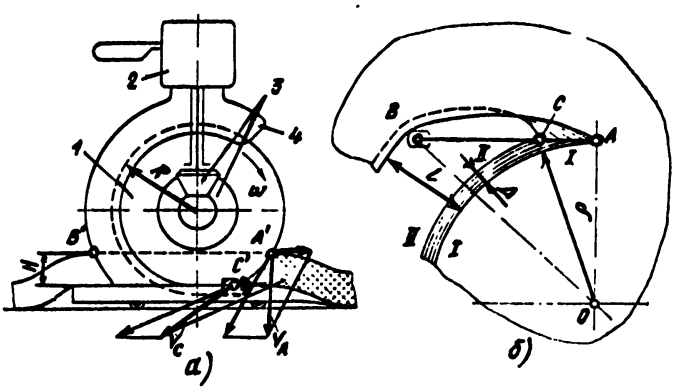


Рис. 4.2.8. Схемы, характеризующие работу машин с дисковым ножом

правление скорости резания (v_A, v_C) и, следовательно, сила резания. При выкраивании круглых деталей точка *A* ножа движется по дуге *I* - *I* радиуса ρ, а точка *C* - по дуге *II* - *II* радиуса ρ + Δ (Δ - неточность кроя), т.е. в общем случае детали, выкраиваемые из верхних и нижних полотен настила, неодинаковы по размерам (рис. 4.2.8, *б*). Кроме того, выкраиваемые детали не могут иметь малых радиусов закругления, так как

$$\rho \approx (AB)^2 / (2l),$$

где *AB* - условная ширина ножа, которая значительно больше ширины ленточного или пластинчатого ножа; *l* - допускаемая деформация настила у задней кромки ножа.

4.2.3. КОНСТРУКЦИЯ, РАБОТА И РАСЧЕТ СТАЦИОНАРНЫХ РАСКРОЙНЫХ МАШИН

Стационарные раскройно-ленточные машины (табл. 4.2.1) предназначены для вырезания деталей швейных изделий из различных тканей, уложенных в настил. Машины РЛ-3Б применяют для выкраивания деталей швейных изделий из ткани и трикотажа, содержащих

4.2.1. Техническая характеристика раскройно-ленточных машин

Характеристика	РЛ-2	РЛ-3А	РЛ-3Б	РЛ-4	РЛ-5	РЛ-6
Производительность за смену, м	2000	2500	2200	2500	2100	3250
Размеры раскройного стола, мм:						
длина	1500	2240	2240	2240	1410	2240
ширина	2000	1500	1500	1500	1000	1500
Рабочий вылет машины, мм	1000	1250	1250	1000	600	1000
Диаметр лентонаправляющего шкива, мм	500	300	300	500	300	500
Длина (наибольшая) × ширина × толщина ленточного ножа, мм	5200 × × 20 × × 0,5	5295 × × 15 × × 0,5	5295 × × 15 × × 0,45	5780 × × 25 × × 0,5	3800 × × 15 × × 0,5	5780 × × 25 × × 0,5
Максимальная высота раскраиваемого настила, мм	130	250	250	250	120	250
Электродвигатель привода машины:						
тип	АО-32-4	АО-2-21-4	АО-2-21-4	АОЛ-21-11-1	АОЛ-2-21-4	4А
мощность, кВт	1	1,1	1,1	0,8	1,1	2,2
частота вращения вала, $с^{-1}$	23,4	23,4	23,4	50	23,4	23,5
Габаритные размеры, мм	2800 × × 1700 × × 1890	2700 × × 1500 × × 1755	2700 × × 1500 × × 1755	2800 × × 1500 × × 1950	1700 × × 1000 × × 1560	2850 × × 1500 × × 2100
Масса, кг	600	420	445	600	180	660

Примечания. 1. Число лентонаправляющих шкивов во всех машинах равно 4, в машине РЛ-2 - 3. 2. Материал ленточного ножа - сталь У8А. 3. Скорость движения ножа во всех машинах 20 м/с, в машине РЛ-3Б - 8 + 18 м/с.

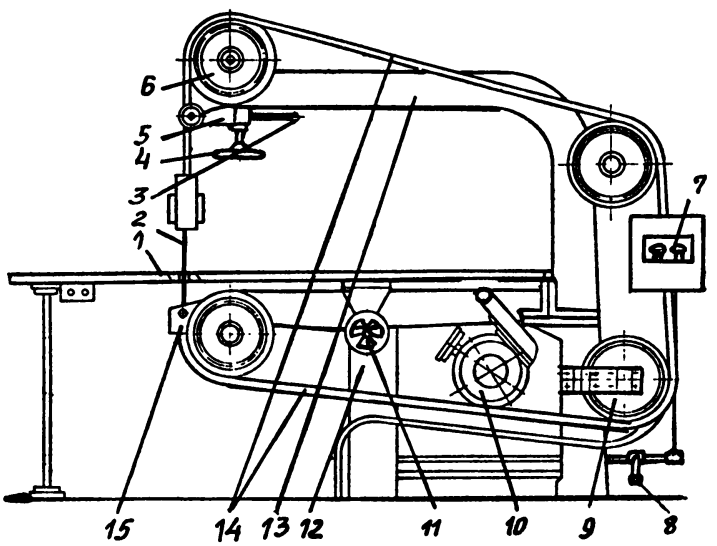


Рис. 4.2.9. Схема машины РЛ-3Б

все виды волокон. В соответствии с разметкой блок (часть настила) вручную перемещается по столу *1* машины на движущийся ленточный нож *2* для выкраивания стопки деталей требуемой конфигурации (рис. 4.2.9).

Основными узлами машины являются станина, привод, натяжное, лентоулавливающее, арретирующее и направляющее устройства, ограждение ножа, устройство для смазывания ножа, заточной механизм, лентонаправляющие шкивы, стол, светильник и устройство для сбора обрезков. Станина машины состоит из двух стоек *12*, скрепленных снизу распоркой, верхней связи *15* коробчатого сечения и укосины *13*.

Привод машины осуществляется от электродвигателя *10* через один из четырех лентонаправляющих шкивов. На шкивах, обрезиненных по ободу, натянут ленточный нож *2*. Конусный вариатор передает движение лентонаправляющему шкиву *9*, на котором закреплен тормозной барабан, охватываемый колодочным электромагнитным крановым тормозом типа ТКТ-100. Во время работы машины электромагнит тормоза находится под напряжением и удерживает тормозные колодки в разжатом состоянии. Скорость ножа регулируется маховичком *11*, а измеряется стационарным тахометром, соединенным с приводом лентонаправляющего шкива *9* гибким валом.

Натяжное и лентоулавливающее устройства выполнены на верхнем лентонаправляющем шкиве *6*, который установлен на подвижной каретке *5* в направляющих типа "ласточкин хвост". Сила натяжения ножа создается маховичком *4*. Лентоулавливающее устройство содержит верхний и нижний электромагнитные лентоулавливатели и контактный включатель.

Арретирующее устройство, позволяющее снижать натяжение ленты на 160 + 200 Н в неработающей машине, значительно повышает долговечность ножа. В положении рукоятки *3*, соответствующем включению арретира, нож натянут, микропереключатель замыкает цепь управления электродвигателем, зуб фиксатора не препятствует изменению натяжения ножа, машина готова к работе.

Направляющие устройства обеспечивают устойчивое положение ножа в процессе работы в зоне резания.

Заточка ножа проводится на ходу двумя абразивными кругами *7*, установленными (с возможностью регулировки) под углом к его передней кромке. Управление заточным механизмом осуществляется через тягу педалью *8*, расположенной на передней стойке. Ножи ленточных машин рекомендуется изготовлять из холоднокатаной термообработанной пружинной ленты (У8А, 60С2А, 70С2ХА) толщиной 0,35 + 0,5 и шириной 10 + 25 мм.

Машины РЛ-4 и РЛ-6 позволяют вырезать детали из тканей, имеющих повышенную сопротивляемость резанию, например плащевых, прорезиненных, брезентовых, асбестовых и др. Для вырезания мелких деталей швейных изделий (детского ассортимента, головных уборов и др.), а также для обрезки излишков материала при уточнении размеров отдельных деталей швейных изделий применяют машины РЛ-5. Особенностью конструкции машин РЛ-4 и РЛ-6 является наличие аспирационного устройства, отсасывающего текстильную пыль из зоны резания (сверху и снизу настила) и зоны заточки ножа.

В машине РЛ-6 для облегчения перемещения настила по столу имеется устройство для создания воздушной подушки. Оно представляет собой вентилятор, приводимый во вращение электродвигателем, от которого воздух по воздуховодам поступает в поддоны, прикрепленные снизу к крышке стола. Воздух, выходящий из поддона через сопло в крышке стола, значительно снижает сцепление настила с его поверхностью, улучшая условия труда оператора и повышая производительность труда.

При проектировании ленточных машин выполняют расчеты:

параметров ленточного ножа;

натяжного устройства;

лентоулавливающих устройств;

устройств для торможения шкивов после обрыва ленточного ножа.

Параметры поперечного сечения ленточного ножа - ширину ножа b, толщину ленты δ - устанавливают в соответствии с технологическими и конструктивными условиями. Так, ширина ножа в основном определяется техно-

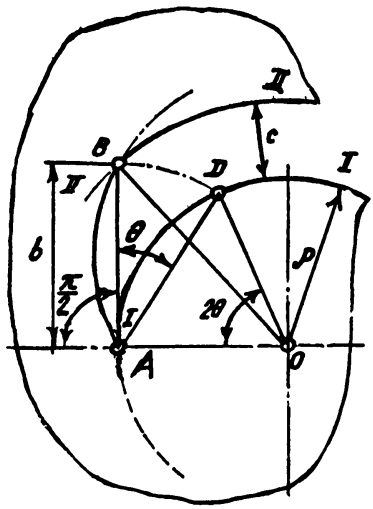


Рис. 4.2.10. Схема расположения ножа и материала при выкраивании круглых деталей

логическими параметрами процесса: радиусом кривизны деталей, плотностью раскраиваемого материала (рис. 4.2.10). При выкраивании круга радиуса ρ лезвие ножа A перемещается по дуге окружности I - I, а торец B - по дуге окружности II - II, т.е. торец ножа оттибает отрезаемую часть материала на некоторый угол θ и сминает материал на величину c. При этом можно принять $\theta = BAD$, где $BA = AD$. Наибольший угол θ_{max} и наибольшая величина c_{max} зависят от податливости материала и допускаемых отклонений размеров деталей. Величины θ_{max} и c_{max} устанавливаются экспериментально.

При известной θ_{max} ширина ножа $b \approx 2\rho \sin \theta_{max}$. Толщина ножа определяется расчетом на прочность. В процессе работы нож испытывает деформацию от сил инерции технологического натяжения и изгиба на шкивах. При этом суммарное нормальное напряжение растяжения в ноже

$$\sigma_c = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \le [\sigma],$$

где σ_1, σ_2, σ_3 - напряжения соответственно от действия сил инерции, от технологического натяжения ленточного ножа, в растянутых волокнах от изгиба ножа на шкивах; $[\sigma]$ - допускаемое напряжение растяжения материала ножа.

Для машины РЛ-6 напряжения от сил инерции возникают на участках контакта ножа со шкивами и передаются на остальные участки. Напряжения от технологического натяжения создаются так же во всем ноже, однако наибольшее натяжение F_{max} наблюдается на сбегающей ветви нижнего левого шкива. Напряжения от изгиба возникают и действуют только на участках контакта ножа со шкивами. Известно, что

$$\sigma_1 = \rho v_н^2; \ \sigma_2 = F_{max} / (b\,\delta); \ \sigma_3 = \delta E / D,$$

где ρ, E - соответственно плотность и модуль упругости материала ножа; δ - толщина ножа; D - диаметр шкивов; $v_н$ - скорость ножа.

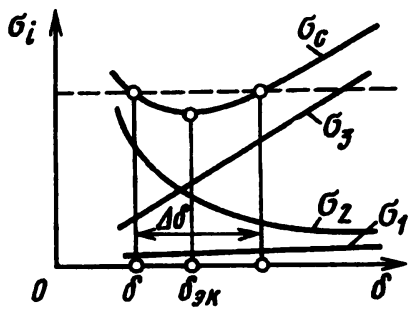


Рис. 4.2.11. Функция σ_i (δ)

Функция $\sigma_c(\delta)$ имеет минимум (рис. 4.2.11). Экспериментальное значение толщины ножа $\delta_{эк}$, обеспечивающее минимальную величину σ_c, определяется из условия

$$\frac{d\sigma_c}{d\delta} = -\frac{F_{max}}{b\delta_{эк}^2} + \frac{E}{D} = 0,$$

тогда

$$\delta_{эк} = \sqrt{\frac{DF_{max}}{bE}}.$$

Натяжное устройство должно поддерживать необходимое натяжение ножа в работающей машине, т.е. компенсировать температурные деформации, изменять натяжение ножа по технологическим соображениям. Номинальное напряжение ведомой (рабочей) ветви ножа должно быть 50 + 60 МПа.

Расчет натяжного устройства машины сводится в основном к определению параметров пружины арретирующего устройства. Зная наибольшее и наименьшее значения силы технологического натяжения ножа и задаваясь значением этой силы по окончании работы машины, можно рассчитать наибольшее и наименьшее значения силы F развиваемой пружиной, построить характеристику и определить деформации и жесткость пружины. В работающей машине наименьшее и наибольшее значения деформации пружины (рис. 4.2.12):

$$\xi_{min} = \Delta\xi + F_0 / c;$$

$$\xi_{max} = \xi_{min} + (F_{max} - F_{min}) / c =$$

$$= \Delta\xi + (F_0 + F_{max} - F_{min}) / c,$$

где $\Delta\xi$ - разность деформаций в работающей и неработающей машине; F_0 - наименьшее значение силы в неработающей машине; F_{max},

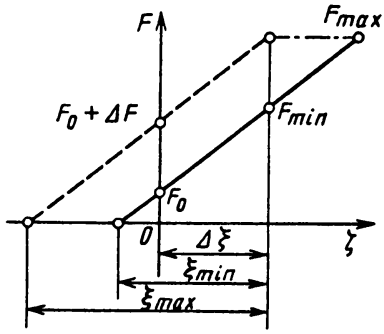


Рис. 4.2.12. Характеристика пружины натяжного устройства машины РЛ-3Б

F_{min} - для работающей машины; c - жесткость пружины; $c = \Delta\xi / (F_{min} - F_0)$.

Расчет лентоулавливающих устройств проводится с целью создания безопасных условий работы на машине, чтобы исключить выскакивание ленты после ее обрыва в рабочем зазоре машины и нанесение травм работающим операторам. Лентоулавливающие электромагнитные устройства колодочного типа срабатывают при обрыве ленты и зажимают ленточный нож между неподвижной и подвижной колодками. Таким образом, расчет устройства сводится к определению электромагнита из условия гашения работой сил трения колодок кинетической энергии движущегося ножа. Считая, что не более 1/4 части ножа участвуют в движении на участке действия лентоулавливателя, можно записать:

$$0{,}25\, m_н v_н^2 / 2 = F_{э.м} f_2 L_{тр},$$

где $m_н$, $v_н$ - соответственно масса и скорость движения ленточного ножа; $F_{э.м}$ - сила электромагнита; f_2 - коэффициент трения колодок о нож; $L_{тр}$ - путь торможения ленты.

Так как

$$m_н = v_н \rho = b \delta L_н \rho,$$

а

$$L_{тр} = L_{доп} - v_н \Delta t_{ср},$$

где $L_{доп}$ - длина допускаемого участка ножа, который может выйти в рабочий зазор, не травмировав оператора; $\Delta t_{ср}$ - время срабатывания электромеханической системы включения лентоулавливателя, то

$$0{,}25 b \delta L_н \rho v_н^2 / 2 = F_{э.м} f_2 (L_{доп} - v_н \Delta t_{ср}),$$

откуда

$$F_{э.м} = 0{,}25 l \delta L_н \rho v_н^2 / 2 f_2 (L_{доп} - v_н \Delta t_{ср}).$$

Расчет устройства затормаживания шкивов после обрыва - это расчет колодочного тормоза, гасящего кинетическую энергию вращающихся шкивов. В нашем случае (см. рис. 4.2.10)

$$J_{пр} \omega^2 / 2 = M_{тр} \varphi_{тр},$$

где $J_{пр}$ - приведенный момент инерции ножеводящего и тормозного шкива; ω - угловая скорость шкива; $M_{тр}$ - момент от силы трения; $\varphi_{тр}$ - угол торможения.

4.2.4. КОНСТРУКЦИЯ, РАБОТА, РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕДВИЖНЫХ РАСКРОЙНЫХ МАШИН

Передвижные раскройные машины с ножом, движущимся возвратно-поступательно. Они служат для разрезания настила на части (блоки), а также для вырезания деталей (табл. 4.2.2).

Рассмотрим наиболее распространенную машину CS-529 (рис. 4.2.13). По раскройному (настилочному) столу машина перемещается на платформе *12*, к которой снизу на пластинчатых пружинах *1* прикреплены четыре ролика *2*, вращающихся на игольчатых подшипниках.

4.2.2. Техническая характеристика передвижных раскройных машин

Параметры	ЭЗМ-2	ЭЗМ-3-10	ЭЗМ-3-13	ЭЗМ-3-16	CS-529	CS-530
Максимальная высота разрезаемых настилов, мм	100	100	100	160	130	160
Ход ножа, мм	30	42	42	42	40	40
Длина × ширина × толщина ножа, мм	180 × × 20× × 0,6	158 × × 20× × 0,7	188 × × 20× × 0,7	218 × × 20× × 0,7	220 × × 20× × 0,7	220 × × 20× × 0,7
Электродвигатель привода машины:						
мощность, Вт	457	370	370	370	250	350
напряжение, В	380 / 220	220	220	220	380 / 220	380/220
частота вращения вала, $с^{-1}$	50	45	45	45	46,7	46,7
Габаритные размеры, мм	500 × × 250× × 270	325 × × 180× × 400	325 × × 180× × 430	325 × × 180× × 450	437 × × 185× × 330	493 × × 185× × 330
Масса, кг	15	13	13	13	15	18

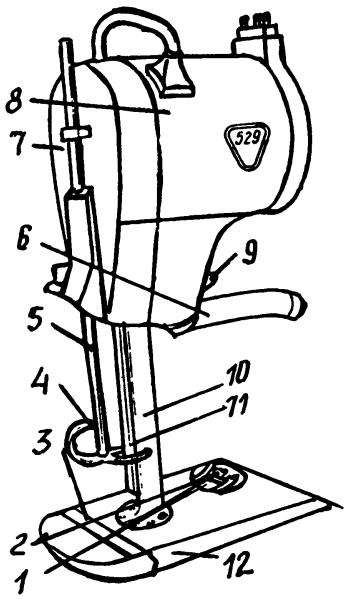


Рис. 4.2.13. Схема машины CS-529

В передней части платформы имеется шарнирно связанный с ней подпружиненный козырек *3*, отделяющий нижний слой настила от стола. На платформе жестко закреплена стойка *10* с направляющим пазом для ножа *11*, в верхней части которой установлен электродвигатель *8*.

Кривошипно-ползунный механизм привода ножа закрыт кожухом *7*, а для перемещения рабочим машины по настилочному столу имеется ручка *6*. В пазу кожуха *7* установлена зубчатая рейка *5*, в нижней части которой закреплена лапка *4*. Рукоятка 9 служит для освобождения рейки (при нажатии) в момент опускания лапки из верхнего положения на настил и фиксации (при опускании) лапки в этом положении.

Нож машины имеет двустороннюю заточку (угол заострения 15 + 20°). Нож, снятый с машины, затачивается в специальном приспособлении. Правка ножа вручную осуществляется шлифовальным бруском без снятия его с машины. В зависимости от свойств материала и требований к процессу его разрезания лезвие ножа может быть гладкое, зубчатое и волнообразное.

Основными регулировками машины являются такие, которые обеспечивают плавную работу механизма перемещения ножа. Зазоры между направляющими ползуна и ползуном, износ подшипников могут явиться причинами значительной вибрации ножа и преждевременного износа деталей механизма. Для предупреждения этих нежелательных явлений необходимо своевременно регулировать зазор в парах ползун - направляющая путем смещения направляющих в корпусе, а также заменять шарикоподшипники.

Большое значение для качественной продолжительной работы машины имеет своевременное и достаточное смазывание трущихся поверхностей. В верхней части корпуса машины установлен масляный резервуар, от которого по фитилям, размещенным в поливинилхлориновых трубках, подается масло к направляющим ползуна. Излишки масла снимаются войлочными прокладками. Шарикоподшипники смазываются солидолом.

За рубежом выпускаются машины с ножом, движущимся возвратно-поступательно, и приспособлениями для заточки или автоматической правки лезвия ножа без снятия последнего с машины. Одно из таких устройств для заточки ножа, которым оснащена машина CS-529A-1, представлено на рис. 4.2.14. Устройство включается воздействием на кнопку *10*, когда машина выведена из настила. Оператор с помощью рычага *8*, взаимодействующего с профильным упором *9*, поворачивает корпус червячного редуктора таким образом, что фрикционный шкив *6*, жестко закрепленный на валу червяка *11*, входит в зацепление с маховиком-кривошипом *5* (с его цилиндрической поверхностью). Электродвигатель *4* работает, и нож *3* машины совершает возвратно-поступательное движение (30 + 50 мм).

В нижней части ползуна закреплена шарнирно с возможностью поворота в горизонтальной плоскости точильная головка *16*, в которой размещены держатели *17* точильных кругов *18*, а также по паре направляющих шкивов *15*, *14*. Круглый ремень *13* приводит во вращение точильные круги. При движении ползуна *12* с головкой *16* вверх-вниз стационарно закрепленный ремень *13* за счет изменения длин участков между направляющими роликами и местами крепления ремня приводит во вращение точильные круги и создает момент на точильной головке, обеспечивающий ее поворот и поджатие к режущей кромке ножа то одного точильного круга, то другого. При приближении к крайнему верхнему положению головка занимает положение, при котором ни один из кругов не касается режущей кромки.

После заточки оператор отпускает кнопку *10* и корпус поворачивается под действием пружины *7* (натяжение пружины регулируется гайками).

На рис. 4.2.14 показаны так же схемы привода ножа (кривошипно-ползунный механизм) и устройства прижимной лапки. Прижимная лапка *1* закреплена на стержне *2* с зубчатой рейкой. С этой рейкой взаимодействует подпружиненный фиксатор *19*, приводимый в движение рукояткой *20*. Оператор

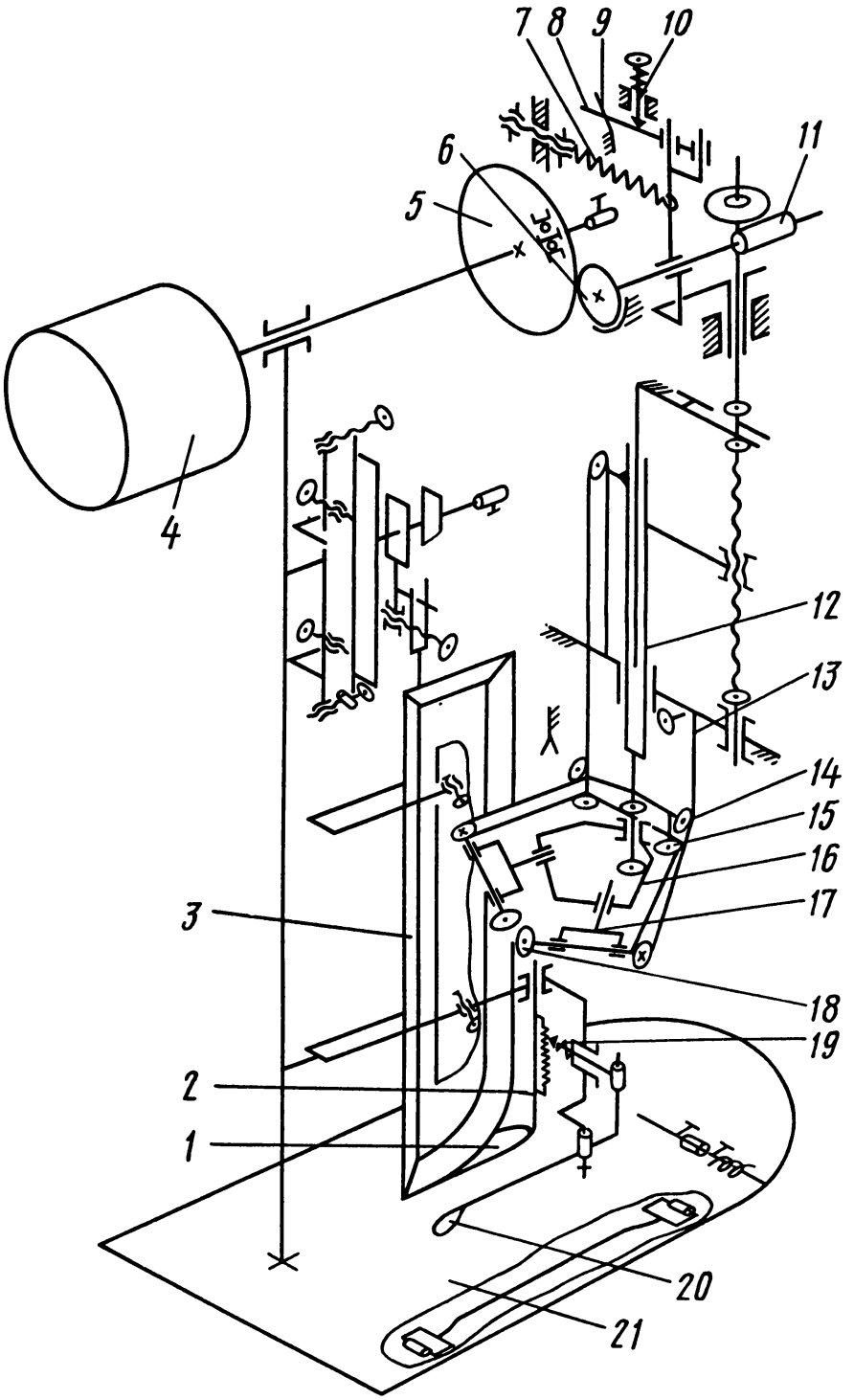


Рис. 4.2.14. Схема устройства заточки ножа

перед началом заточки, нажимая на рукоятку, освобождает лапку, которая опускается на платформу *21* машины и не мешает перемещению заточного устройства. После заточки лапка поднимается вручную и фиксируется в верхнем положении.

Расчет и проектирование машин с ножом, движущимся возвратно-поступательно, имеет свою специфику, связанную с наличием источника вибрации - неуравновешенного кривошипно-ползунного механизма, с одной стороны, и неустойчивой с точки зрения вибрации конструкцией машины - с другой. Электродвигатель значительной массы m, расположенный на стойке малой жесткости c, образует структуру системы с низкой собственной частотой колебания f_c, так как

$$f_c = \sqrt{\frac{c}{m}}$$ для одномассовой системы.

Уменьшение амплитуды колебаний машины обеспечивается снижением сил инерции звеньев, а также возмущающих воздействий уравновешиванием кривошипно-ползунного механизма. Поскольку силы инерции определяются в первую очередь ускорением ползуна, необходимо по возможности уменьшать угловую скорость и радиус кривошипа (учитывая, что при этом ухудшаются условия резания).

Машины с дисковым ножом. Существенным недостатком передвижных раскройных машин с ножом, движущимся возвратно-поступательно, является недостаточно хорошее качество среза, обусловленное изменением скорости ножа не только по величине, но и по направлению. Достаточно широкое применение для разрезания настилов и выкраивания деталей с радиусами закругления порядка 200 мм нашли передвижные раскройные машины с дисковым ножом.

Особенности конструкции и работы этих машин рассмотрим на примере машины ЭЗДМ-3.

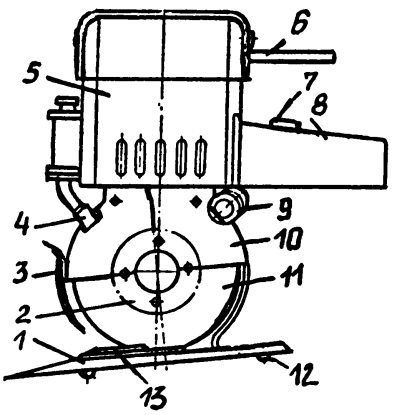


Рис. 4.2.15. Схема машины ЭЗДМ-3

На платформе *1* машины (рис. 4.2.15) смонтирована стойка *10*, на которой установлен электродвигатель *5* (шнур *6*). Стойка *10* в форме диска служит опорой пальцу, на котором с помощью шарикоподшипника крепится коническая шестерня *2* с дисковым ножом *11*. Зубцы шестерни *2* находятся в зацеплении с зубцами второй конической шестерни, которая (с возможностью регулировки) посажена на конец вала электродвигателя *5*. Платформа машины для удобства перемещения по настилочному столу снизу имеет четыре ролика *12*. В месте прохода дискового ножа через платформу на последней установлен сменный призматический нож *13*, поджимаемый пружиной к режущей кромке дискового ножа.

На электродвигателе закреплена рукоятка *8*, служащая для перемещения раскройной машины. В рукоятку вмонтирован выключатель *7*. Под рукояткой находится заточное устройство, представляющее собой шлифовальный круг *9*, расположенный на подпружиненной оси, положение которой относительно корпуса может быть отрегулировано. Для безопасной работы на машине предусмотрен щиток *3*, положение которого может быть изменено. Заточка ножа на машине может быть осуществлена без снятия его с машины. Для этого после нажатия на кнопку включения заточного устройства к вращающемуся ножу (электродвигатель не выключается) подводят шлифовальный круг.

Бесшумная, качественная работа машины во многом определяется своевременным и достаточным смазыванием ножа (устройство *4*), конической передачи, а также опор ножа и роликов.

Разновидностью передвижных раскройных машин с дисковым ножом являются так называемые осноровочные машины, предназначенные для осноровки (отрезания) краев деталей при уточнении их размеров, надрезания деталей. Дисковый нож этих машин имеет характерную форму, образованную четырьмя сопряженными дугами окружности. Наиболее широко используется осноровочная машина ОМ-3, нож которой вращается с частотой 15,3 $с^{-1}$ от электродвигателя мощностью 80 Вт, размещенного в рукоятке машины.

Направления совершенствования конструкции раскройного оборудования. Усилия разработчиков ведущих организаций и фирм направлены на повышение технического уровня оборудования и создание автоматизированных технологических комплексов раскроя текстильных материалов с программным или следящим управлением режущим инструментом. Преимущество отдается разработке оборудования с механическим режущим инструментом - ножом, совершающим возвратно-поступательное движение вдоль режущей кромки. Создание подобного оборудования ведется с

учетом возможности его использования на предприятиях различной мощности при работе с различными по свойствам материалами.

- Раскройные комплексы включают настилочную и раскройную машины и вспомогательное оборудование. Раскройная машина имеет устройство для уплотнения и удержания настила с помощью вакуума и режущую головку для разрезания настила по заданной программе. При перемещении раскройной головки нож ориентируется по касательной к линии резания.

Разрабатываются устройства для создания воздушной подушки для облегчения подвода и отвода настила материала. Для перемещения подвижных элементов раскройных комплексов создаются тиристорные приводы с высокомоментными двигателями постоянного тока. В системе управления комплексом использованы микропроцессоры. Нож оборудуется устройствами автоматической заточки и контроля точности раскроя. Передача настилов с настилочных на раскройные столы осуществляется специальными конвейерами.

Для покрытия раскройных столов используют специальную нейлоновую щетину высотой порядка 40 мм для обеспечения свободного прохода ножа при раскрое.

- На базе комплексов создаются установки, предназначенные для раскроя материала в один - три слоя, которые не требуют высокого вакуума. Покрытие раскройного стола выполняют из пластиковой фольги, в качестве режущего инструмента используют дисковый нож диаметром 12 ÷ 20 мм. Аппаратное обеспечение позволяет хранить в памяти данные с большим числом раскладок различных видов тканей.

- Проводятся работы по созданию машин с несколькими раскройными головками, параллельно работающими в автоматическом режиме.

- Перспективным направлением развития раскройного оборудования является разработка новых способов резания текстильных материалов и создание на их основе раскройных машин. К таким способам относится резание лучами лазера, плазмой, струей воды.

Лазерная установка двухкоординатной системы осуществляет раскрой материала, подаваемого из рулона специальной ячеистой транспортной лентой в один слой. Преимуществами лазерных установок являются отсутствие необходимости ориентировать рабочий инструмент по касательной к линии резания, большая мобильность, экономия материала, поскольку лекала в раскладке могут располагаться вплотную. Установки обеспечивают высокое качество реза без оплавления краев деталей. Они предназначены для раскроя специальных изделий, дорогостоящих материалов при небольших партиях или по индивидуальным заказам.

Созданы и совершенствуются промышленные установки, в которых раскрой тканей осуществляется с помощью плазмы. Интенсивно нагретая тонкая струя газа подается из рабочей головки, перемещаемой в двухкоординатной системе. Преимуществами плазменного раскроя являются безопасность эксплуатации, более простая, по сравнению с лазерной, конструкция, простота обслуживания.

На стадии разработки находятся установки, в которых в качестве режущего инструмента используется струя воды под большим давлением.

- Перспективным направлением остается совершенствование традиционного раскройного оборудования: стационарных (ленточных) и передвижных раскройных машин, вырубных прессов.

Оснащение передвижной раскройной машины автоматической уравновешивающей параллелограммной подвеской, работающей по принципу пантографа и удерживающей раскройную машину над рабочим столом, обеспечивает высокую точность раскроя, удобство в работе, повышение производительности труда. Для облегчения перемещения настила и его частей при раскрое раскройные столы снабжают воздушными подушками.

Совершенствуются устройства для автоматической заточки ножей, охлаждения (смазывания) ножей при раскрое материалов, содержащих химические волокна, раскройные ножи в направлении повышения их износостойкости, поиска оптимальной геометрии режущей кромки для раскроя различных по свойствам материалов.

Глава 4.3

ШВЕЙНЫЕ МАШИНЫ

4.3.1. ЧЕЛНОЧНЫЕ МАШИНЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Основной функцией челночных машин является образование челночного стежка, принцип получения которого сводится к переплетению верхней и нижней ниток путем проведения через петельку-напуск верхней нитки всего запаса нижней нитки. Челночная машина должна иметь следующие основные механизмы:

иглы, которая должна проколоть материал, провести через него верхнюю нитку и образовать у ушка петлю-напуск;

челнока, который захватывает петлю-напуск с ушка иглы, обводит ее вокруг шпульки с нижней ниткой и тем самым осуществляет переплетение ниток;

нитепритягивателя, который выполняет две функции - подает верхнюю нитку во время прокола материала и при обводе челноком петли вокруг шпульки и выводит петлю из челнока и затягивает стежок;

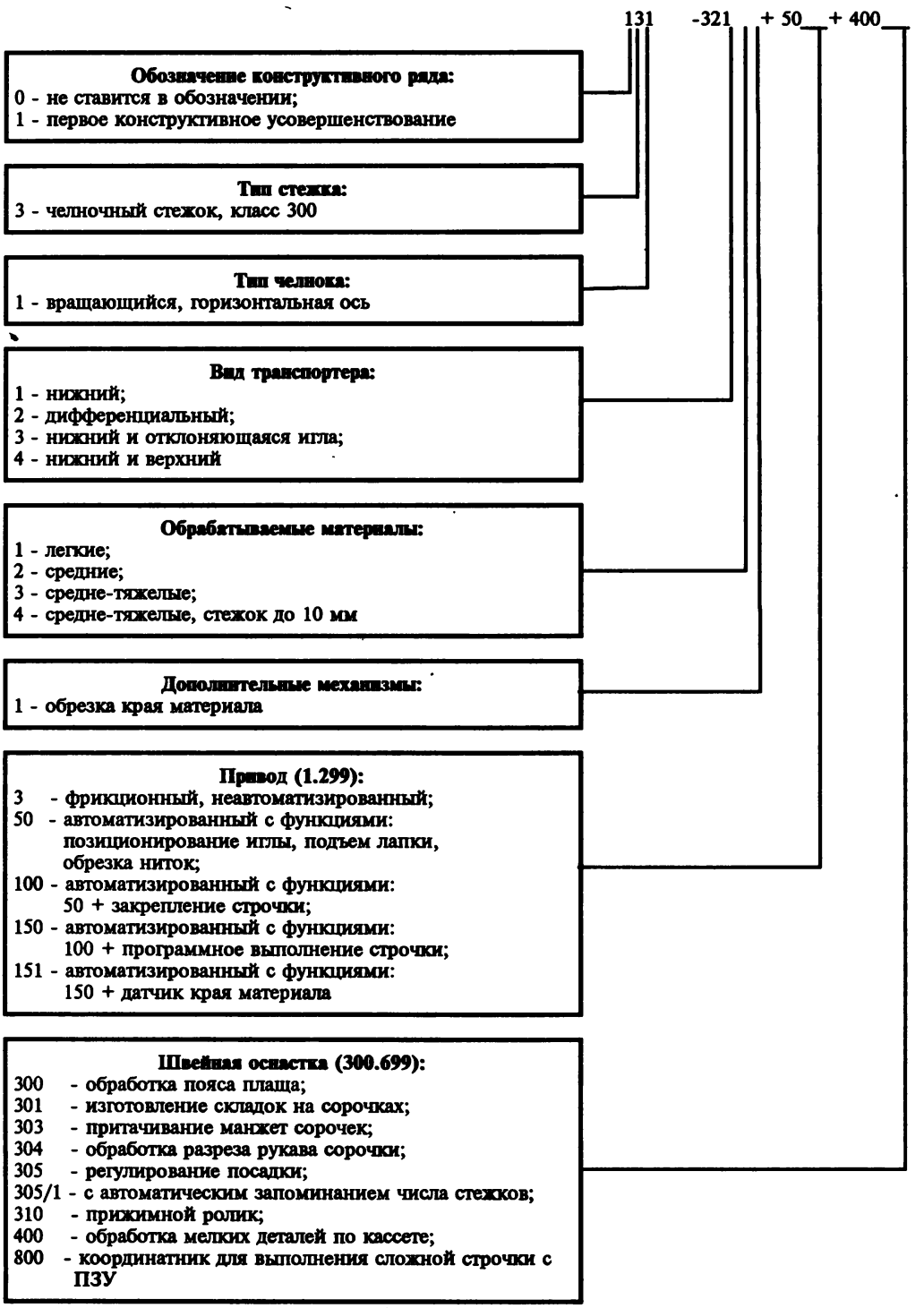


Рис. 4.3.1. Обозначение швейных машин конструктивно-унифицированных рядов 31 и 131

перемещения материала на длину стежка для повторного выполнения процесса.

Современные промышленные швейные машины оснащены автоматизированным приводом, обеспечивающим пуск, регулирование частоты вращения главного вала, автоматический останов машины с заданным положением иглы, управление электромагнитами механизма обрезки ниток и подъема прижимной лапки. В приводах некоторых типов обеспечивается выполнение закрепок в начале и конце строчки.

Производство промышленных швейных машин, предназначенных для выполнения определенных видов технологических операций, должно базироваться на конструктивно-унифицированном ряде таких машин, которые обладают высокой степенью стандартизации и унификации отдельных деталей, узлов и механизмов. Модификации машин одного ряда могут отличаться механизмом перемещения материала, типом автоматизированного привода, укомплектовываться различной технологической оснасткой и предназначаться для обработки определенных типов материалов.

Челночные машины общего назначения имеют конструктивно-унифицированные ряды 31 и 131 (рис. 4.3.1).

В табл. 4.3.1 и 4.3.2 представлена техническая характеристика машин рядов соответственно 31 и 131.

Механизмы игл. Из плоских механизмов применяются кривошипно-ползунные (четырех-, шести- и семизвенные), кривошипно-кулисные и кривошипно-коромысловые. Распространенными пространственными механизмами являются кривошипно-коромысловые (четырехзвенные) и кривошипно-ползунные (шестизвенные).

Кривошипно-ползунные механизмы наиболее распространены в челночных швейных машинах. При выборе структуры и параметров таких механизмов целесообразно проанализировать влияние дезаксиала и расположения шатуна на движение иглы, а также установить рациональное число опор иглодержателя. В дезаксиальном механизме с пальцем ползуна, расположенным ниже ведущего вала (внизу), перемещение игловодителя в зависимости от угла φ поворота кривошипа, отсчитываемого от верхнего вертикального положения (рис. 4.3.2),

$$Z_c \approx r\left[\frac{1}{\lambda}\left(1-\frac{\varepsilon^2}{2}\right)-\frac{\lambda}{4}-\cos\varphi-\varepsilon\sin\varphi+\right.$$
$$\left.+\frac{\lambda}{4}\cos 2\varphi\right],$$

где $\lambda = r/l$; $\varepsilon = E/l$; r, l, E - радиус кривошипа, длина шатуна и дезаксиал.

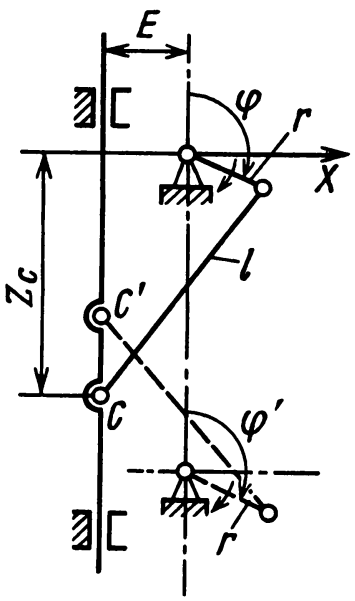


Рис. 4.3.2. Кривошипно-ползунные механизмы игл с пальцем ползуна внизу и вверху

Если палец ползуна расположен выше ведущего вала (вверху), то в приведенной формуле $\lambda < 0$ (кривошип и шатун такого механизма показаны штриховыми линиями).

Кривошипно-ползунные механизмы иглы могут иметь одну или две направляющие втулки игловодителя и одну направляющую его пальца. Механизм с двумя втулками и направляющей ползуна более долговечен, так как в нем отсутствуют перекосы элементов кинематических пар.

В механизме с двумя направляющими втулками горизонтальная составляющая воздействия шатуна на палец стремится повернуть игловодитель вокруг его оси, что вызывает перекос пальца относительно нижней головки шатуна. Кроме того, результирующие контактных напряжений вызывают перекос верхней головки шатуна относительно пальца кривошипа. Возможность этого перекоса зависит от конструкции головок шатуна, положения его центра тяжести и давления в верхнем шарнире.

Механизм с одной втулкой и одной направляющей пальца или только с одной втулкой наименее долговечен вследствие наличия перекосов в головках шатуна, во втулке, а иногда - в направляющей пальца. Поэтому в высокоскоростных машинах и машинах для сшивания толстых и плотных материалов необходимо, чтобы кривошипно-ползунные механизмы игл имели по две втулки и по одной направляющей пальца игловодителя. Верхние втулки при этом можно расположить выше или ниже ведущих валов машин.

4.3.1. Швейные машины конструктивно-унифицированного ряда 31

Класс машины	Нижний транспортер	Нижний транспортер и отклоняющаяся игла	Максимальная толщина пошиваемого материала, мм	Длина стежка, мм	Подъем лапки, мм	Механизм автоматической обрезки ниток	Устройство			Программное выполнение строчки	Управление процессом от фотоэлектрического датчика	Максимальная скорость шитья (стежки в минуту)
							автоматического позиционирования иглы	автоматического подъема лапки	автоматического закрепления строчки			
31-12+3	•		5,0	1,7...4,5	8,0							5000
31-13+3	•		7,0	2,0...6,0	10,0							4000
31-11+50	•		3,0	1,7...3,5	6,0	•	•	•				5500
31-12+50	•		5,0	1,7...4,5	8,0	•	•	•				5000
31-13+50	•		7,0	2,0...6,0	10,0	•	•	•				4000
31-13+50+310	•		5,0	2,0...6,0	10,0	•	•	•				3000
31-11+100	•		3,0	1,7...3,5	6,0	•	•	•	•			5000
31-12+100	•		5,0	1,7...4,5	8,0	•	•	•	•			5000
31-13+100	•		7,0	2,0...6,0	10,0	•	•	•	•			4000
31-13+100+310	•		5,0	2,0...6,0	10,0	•	•	•	•			3000
31-32+3		•	5,0	1,7...4,5	8,0							4800
31-32+3+300		•	5,0	2,0...4,5	8,0							4500
31-33+3		•	7,0	2,0...5,0	10,0							4000
31-31+50		•	3,0	1,7...3,5	6,0	•	•	•				5000
31-31+50+301		•	2,0	1,7...2,5	6,0	•	•	•				5000
31-31+50+304		•	0,25	1,7...3,5	6,0	•	•	•				5500
31-32+50		•	5,0	1,7...4,5	8,0	•	•	•				4800
31-33+50		•	7,0	2,0...5,0	10,0	•	•	•				4000
31-31+100		•	3,0	1,7...3,5	6,0	•	•	•	•			5000
31-31+100+303		•	2,5	1,7...3,5	6,0	•	•	•	•			5000
31-32+100		•	5,0	1,7...4,5	8,0	•	•	•	•			4600
31-33+100		•	7,0	2,0...5,0	10,0	•	•	•	•			4000
31-31+150		•	3,0	1,7...3,5	6,0	•	•	•	•	•		5000
31-32+150		•	5,0	1,7...4,5	8,0	•	•	•	•	•		4800
31-31+151		•	3,0	1,7...3,5	6,0	•	•	•	•	•	•	5000
31-32+151		•	5,0	1,7...4,5	8,0	•	•	•	•	•	•	4800

Примечание. Точкой (•) обозначено наличие элемента в швейной машине.

4.3.2. Швейные машины конструктивно-унифицированного ряда 131

Класс машины	Нижний транспортер	Нижний дифференциальный транспортер	Нижний транспортер и отклоняющаяся игла	Нижний и верхний транспортер	Механизм обрезки края материала	Максимальная толщина пошиваемого материала, мм	Длина стежка, мм	Подъем лапки, мм	Максимальная скорость шитья (стежки в минуту)
131-11+3	•					3,0	1,7...3,5	6,0	6000
131-12+3	•					5,0	1,7...4,5	8,0	5000
131-13+3	•					7,0	2,0...6,0	10,0	4000
131-121+3	•				•	5,0	1,7...4,5	8,0	5000
131-131+3	•				•	7,0	2,0...6,0	10,0	4000
131-21+3		•				3,0	1,7...3,5	6,0	5500
131-22+3		•				5,0	1,7...4,5	8,0	5000
131-24+3		•				7,0	4,0...10,0	10,0	3000
131-31+3			•			3,0	1,7...3,5	6,0	5500
131-32+3			•			5,0	1,7...4,5	8,0	5000
131-33+3			•			7,0	2,0...5,0	10,0	4000
131-311+3			•		•	3,0	1,7...3,5	6,0	5000
131-321+3			•		•	5,0	1,7...4,5	8,0	5000
131-331+3			•		•	7,0	2,0...5,0	10,0	4000
131-41+3				•		3,0	1,7...3,5	6,0	5000
131-42+3				•		5,0	1,7...4,5	8,0	5000

Примечание. Точкой (•) обозначено наличие элемента в швейной машине.

4.3.3. Основные наладочные размеры механизма иглы, мм

Класс машины	Тип иглы	H	l	δ_1	δ_2	h_1	h_2	l_{01}	l_{02}
31-11+50	0052	29	11,5	3	2,3	5,8	0,8	1,7	3,9
31-12+50	0092	32	10,7	5	2,6	5,8	0,8	1,9	5,2
31-13+50	0319	35	10,7	7	2,9	5,8	0,8	2,1	5,7

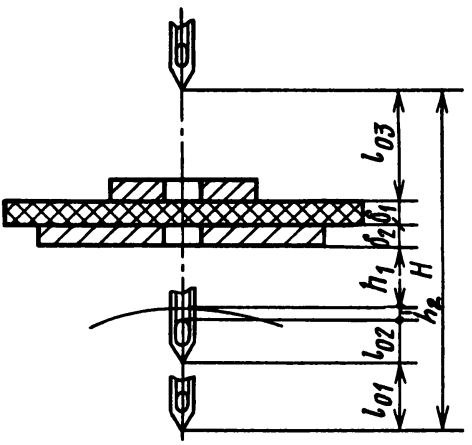


Рис. 4.3.3. Схема для определения хода иглы

При синтезе механизма иглы необходимо определение ее хода по техническим условиям. При линейном перемещении ход иглы (рис. 4.3.3)

$$H \geq l_{03} + \delta_1 + \delta_2 + h_1 + h_2 + l_{02} + l_{01},$$

где l_{03} - расстояние от крайнего верхнего положения острия иглы до сшиваемых деталей; δ_1, δ_2 - толщины сшиваемых деталей и игольной пластины; h_1 - превышение игольной пластины над носиком челнока или петлителя при захвате петли-напуска; h_2 - превышение носика челнока или петлителя над верхним основанием ушка иглы; l_{02} - расстояние между верхним основанием ушка и острием иглы; l_{01} - перемещение иглы при формировании петли-напуска.

Расстояние l_{03} должно обеспечивать нормальные условия заправки сшиваемых деталей под лапку или зажим, величина δ_1 принимается наибольшей, а слагаемые h_1, h_2, l_{01} назначаются с учетом свойств нити; величина h_1 ограничена размерами и перемещениями деталей, расположенных между игольной пластиной и челноком или петлителем (реек, ножей).

Радиус кривошипа кривошипно-ползунного механизма

$$r = \frac{1-\lambda^2}{2\left(1-\lambda^2\right)-\varepsilon^2} H,$$

где $\lambda = r/l$, l - длина шатуна; $\varepsilon = E/l$; E - дезаксиал.

Если $\varepsilon = 0$, то $r = H/2$.

В табл. 4.3.3 показаны основные наладочные размеры механизма иглы для швейных машин 31 ряда для пошива легких, средних и тяжелых групп тканей.

Иглы к швейным машинам изготовляются следующих типов: *1* - прямые с ушком; *2* - прямые без ушка; *3* - прямые с крючком; *4* - радиусные с ушком; *5* - радиусные без ушка; *6* - радиусные с крючком; *7* - двухстержневые. Каждый тип в зависимости от комбинации основных размеров и исполнений колб, стержней и острий подразделяется на модели.

Прямая игла с ушком типа 1 используется в швейных машинах общего назначения (рис. 4.3.4). Ушко *6* иглы служит для заправки нитки, верхняя часть - колба *2* делается утол-

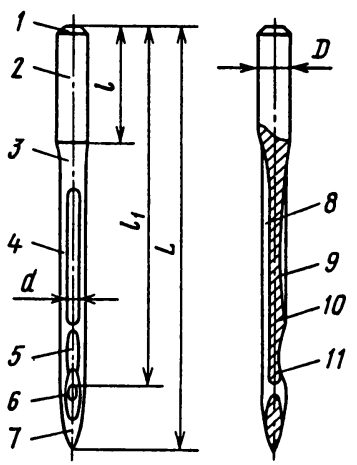


Рис. 4.3.4. Конструкция прямой иглы типа 1 с ушком:
1 - торец; *2* - колба; *3* - переходный конус; *4* - стержень; *5* - выемка; *6* - ушко; *7* - острие; *8* - длинный желобок; *9* - короткий желобок; *10* - перемычка; *11* - площадка

щенной и предназначена для установки иглы в иглодержателе. Над ушком иглы со стороны короткого желобка обычно расположена выемка *5*, облегчающая захват петли игольной нитки носиком челнока.

Острие в зависимости от назначения иглы различается размерами и формой. При сострачивании деталей из ткани и трикотажных полотен применяют иглы с острием круглой формы. Острия других форм (овальной, ромбической, квадратной и т.д.) используют при сострачивании деталей из кожи. Длина острия связана с диаметром стержня иглы и углом заострения. При круглой форме острия угол заострения иглы 10 ÷ 25°, вершина острия *7* имеет угол 30 ÷ 55° для повышения прочности острия.

Ушко иглы овальной формы, ширина ушка B обеспечивает свободный проход нитки, $B = (0{,}35{\div}0{,}4)D_{ст}$, где $D_{ст}$ - диаметр стержня иглы. Высота ушка $H = (2{,}5{\div}3)B$. При таких размерах иглы нитка может проходить без больших перегибов.

Размеры стержня иглы определяются толщиной и свойствами сшиваемых материалов и зависят от типа машины: диаметр стержня - от толщины нитки и требований к прочности и жесткости иглы; длина стержня - от хода иглы. По ГОСТ 22249-82 Е на машинные иглы диаметр стержня характеризуется номером иглы, который численно равен диаметру стержня, выраженному в сотых долях миллиметра. Так, игла № 90 имеет $D_{ст}$ = = 0,90 мм.

Желобки на стержне служат для уменьшения трения нитки о материал. Особенно важное значение имеет длинный желобок: в нем нитка при проколе перемещается относительно материала со скоростью, в 2 раза превышающей скорость движения иглы. При обводе петли и сбросе ее с челнока скорость нити значительно возрастает. Ширина желобков $d = (0{,}44 \div 0{,}5)\ D_{ст}$, глубина длинного желобка $h_1 = (0{,}42 \div 0{,}45)\ D_{ст}$, глубина короткого желобка $h_2 \le 0{,}3\ D_{ст}$.

Размер колбы зависит от длины иглы и условия крепления ее в игловодителе. У игл одного варианта диаметр колбы D обычно одинаков.

Согласно ГОСТ 22249-82 Е каждому варианту игл присвоено четырехзначное числовое обозначение (шифр). Внутри вариантов иглы различаются номерами. Например, применяемые для машин 1022-М кл. Оршанского завода иглы обозначают шифром 0203, игла со стержнем диаметром 1 мм обозначается 0203-100.

Иглы изготовляют из стальной проволоки ИЗ с содержанием углерода 0,9 ÷ 1 %, их закаливают до твердости 54 ÷ 60 HRC. После закалки иглы подвергают правке, окончательной заточке и полированию. Особенно тщательно полируют ушко иглы.

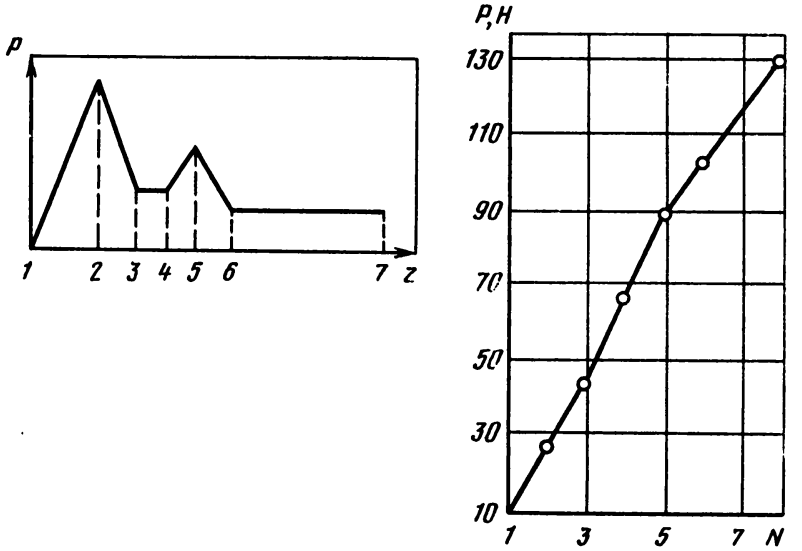


Рис. 4.3.5. Зависимости силы прокола иглой материала P от положения иглы z и от числа слоев материала N:
1 - вход вершины острия в материал; *2* - вход основания конуса острия в материал;
3 - выход основания конуса острия иглы с противоположной стороны материала;
4 - вход середины выемки в материал; *5* - вход в материал конца выемки;
6 - выход конца выемки из материала; *7* - крайнее нижнее положение иглы

Первым этапом работы иглы в процессе образования стежка является прокол материала. Сила прокола материала иглой зависит от физико-механических свойств материалов, его толщины, диаметра стержня и скорости движения иглы. На рис. 4.3.5 приведены зависимости силы $P(z)$ прокола иглой 0755-210 от ее положения по высоте z и числа слоев N искусственной кожи.

Зависимость силы прокола P от числа слоев N искусственной кожи толщиной 1,2 мм получена для иглы 0755-210. При затуплении иглы сила прокола возрастает в 2 - 2,5 раза, а при ее поломке - в 5 - 6 раз.

Вторым этапом в процессе работы иглы является проведение нитки через материал и образование петли-напуска для захвата ее челноком.

На рис. 4.3.6 показаны различные положения иглы при движении вниз (*а*, *б*) и в момент подъема ее из крайнего нижнего положения на величину Δz (*в*). При движении иглы вниз верхняя кромка ушка натягивает петлю и обе ее ветви (длинная *Д* и короткая *К*) находятся под нагрузкой. При подъеме иглы эти ветви под действием сил упругости будут постоянно расходиться в стороны, образуя петлю симметричной грушевидной формы, так как обе ветви испытывают трение о материал, а на нитку, кроме того, начинает действовать нижняя кромка ушка иглы. Со стороны короткого желобка (челнока) петля расширяется больше: короткая ветвь испытывает большее трение о материал, чем длинная, находящаяся в более глубоком желобке.

На процесс образования петли влияют ряд других факторов: толщина, крутка и отделка ниток; плотность, толщина и свойства материала; конструкция и размеры иглы и т.д. Петля-напуск образуется и в том случае, если под иглой материал отсутствует, однако процесс этот происходит с некоторым запаздыванием, так как обе петли частично перемещаются вместе с иглой, а сама петля получается небольших размеров. Поэтому при шитье изделий из тонких, мягких и неплотных тканей и трикотажного полотна или при шитье нитками, коэффициент трения которых о материал невелик, требуется некоторое увеличение высоты подъема иглы Δz.

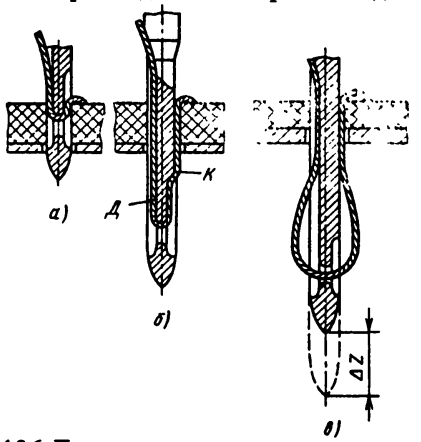


Рис. 4.3.6. Положение иглы при движении в материале

Установка ограничителя на челноке со стороны длинного желобка способствует расширению петли у короткого желобка. Конструкция и форма ограничителей зависят от типа челнока. Нормальная ширина просвета петли при толщине носика челнока 1 мм при шитье иглами до 130 номера должна быть 1,5 ÷ 2 мм. В момент захвата петли носик челнока должен находиться в самой широкой части петли, располагаясь при этом на 1,5 ÷ 2 мм выше верхней кромки ушка иглы. Для образования петли-напуска необходимых размеров подъем иглы Δz из крайнего нижнего положения 2 ÷ 3 мм. Слишком большая петля не обладает необходимой устойчивостью и имеет тенденцию поворачиваться относительно оси иглы, что приводит к пропуску стежков.

Механизм челнока. По принципу взаимодействия с игольной ниткой челноки можно разделить на две группы: челнок с запасом челночной нитки целиком проходит в петлю игольной нитки; челнок захватывает носиком петлю игольной нитки и обводит ее вокруг шпуледержателя и находящейся в ней шпули.

По виду движения различают челноки: колеблющиеся (качающиеся); вращающиеся. Последние могут быть равномерно и неравномерно вращающиеся, причем ось вращения и колебания может быть горизонтальной или вертикальной.

Передаточное число между главным и челночным валами может быть 1:1 или 1:2, а иногда 1:3.

Челноки различаются также направлением вращения, расположением носика относительно иглы, расположением выхода челночной нитки, формой носика, крыльев, вырезов, по которым перемещается нитка в процессе образования переплетения.

Челночные переплетения ниток в стежке могут быть без узелков (рис. 4.3.7, *а*), с одним (рис. 4.3.7, *б*, *в*) и двумя узелками (рис. 4.3.7, *г*); возможны варианты, отличающиеся относительным расположением ниток. Все стачивающие машины при подаче материала от работающего выполняют переплетения 1, *а*. Строчки с переплетениями без узелков характеризуются более ровным расположением стежков, меньшим расходом нитки, изменением крутки нитки; при переплетениях с узелками повышается устойчивость к распусканию и несколько повышается прочность.

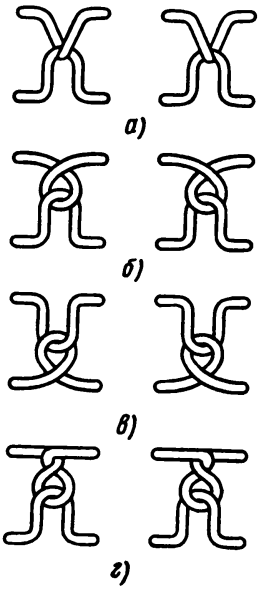


Рис. 4.3.7. Виды челночных переплетений ниток

Различные участки строчек с неодинаковым переплетением выглядят по-разному, что следует учитывать при создании соответствующего внешнего вида строчек. Вид переплетения зависит от следующих основных факторов:

1) направления вращения челнока в период захвата петли игольной нитки;

2) положения оси иглы относительно параллельной ее оси, проходящей через точку выхода нитки из челночного устройства в момент захвата носиком челнока петли игольной нитки;

3) направления вектора перемещения объекта обработки относительно иглы.

Для каждой конструкции челнока первый фактор является постоянным, второй может меняться в машинах, имеющих перемещение иглы в горизонтальной плоскости, в частности, при образовании зигзагообразной строчки. Однако это изменение незначительно и им можно пренебречь. Изменение вида переплетения в процессе одного технологического цикла определяется изменением направления вектора подачи. Изменение направления вектора подачи возможно в машинах с автоматизированной подачей объекта обработки под иглой, что приводит к нестабильности внешнего вида строчки.

В реальных условиях работы машины между секторами с разнородными переплетениями существуют переходные зоны с нестабильной структурой, в которых возможно чередование переплетений смежных секторов.

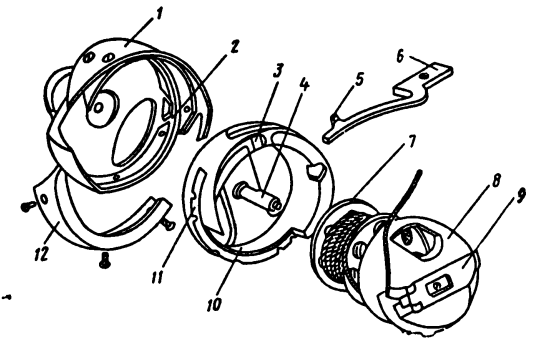


Рис. 4.3.8. Вращающийся челнок

Вращающийся челнок (рис. 4.3.8) состоит из челнока *1*, шпуледержателя *10*, шпульного колпачка *8*, шпули *7* и установочного пальца *6*. Челнок закреплен на челночном валу и является по существу крючком. Шпуледержатель ободком *11* вставлен в паз *2* челнока и предохраняется от выпадения полукольцом *12*, прикрепленным к челноку. Шпульный колпачок надевается на палец *4* шпуледержателя и закрепляется в определенном положении защелкой *9*; шпуля *7* с ниткой надевается на палец колпачка. Чтобы шпуледержатель не поворачивался вместе с челноком, в его выемку *3* вставляется выступ *5* установочного пальца *6*, закрепленного на платформе.

Работа челнока и его угловое перемещение φ должны быть согласованы с работой других органов машины (рис. 4.3.9): φ_{23} - проведение нитки в материал; φ_{34} - образование петли-напуска; φ_{45} - обвод петли; φ_{56} - снятие петли с челнока. В челночной машине

$$\varphi_{23} + \varphi_{34} + \varphi_{45} + \varphi_{56} \le 2\pi; \quad \varphi_{23} \approx 80 \div 90°;$$

$$\varphi_{34} \approx 20 \div 35°,$$

откуда $\varphi_{56} \le (235 \div 260°) - \varphi_{45}$. Для согласования взаимодействия челнока с другими рабочими органами важным является коэффициент рабочего хода челнока

$$k_ч = \varphi_{45} / 2\pi,$$

где φ_{45} - угол поворота главного вала машины за период взаимодействия челнока с петлей игольной нитки.

В общем случае

$$\varphi_{45} \ge (\pi + \alpha)\, i_{ср},$$

где α - угол, определяемый длиной носика челнока; $i_{ср}$ - среднее значение передаточного числа между главным и челночным валами за период обвода петли игольной нитки вокруг шпуледержателя.

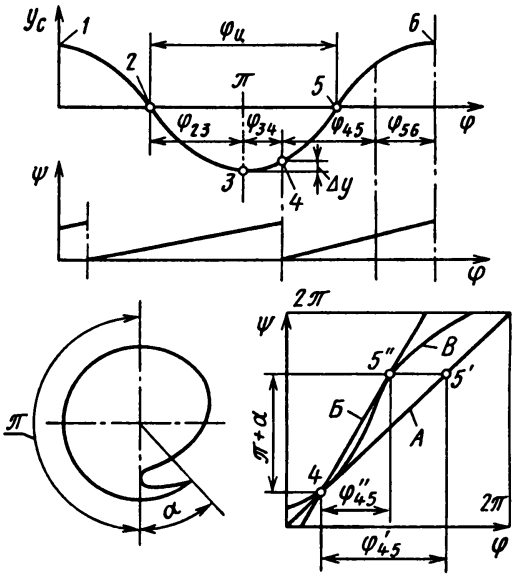


Рис. 4.3.9. Циклограмма работы основных механизмов швейной машины и угловые перемещения челнока при различных положениях иглы:
1 - крайнее верхнее положение иглы; *2* - момент прокола материала; *3* - крайнее нижнее положение иглы; *4* - момент захвата петли игольной нитки; *5* - момент выхода иглы из материала

Если $i = 1$, то $\varphi'_{45} = 210 \div 220°$ и $\varphi'_{56} \le 15 \div 20°$, т.е. снятие петли с челнока должно быть осуществлено за малый промежуток времени, что вызывает значительное повышение нагрузок на нитку и нитеподатчик (кривая *А*). В машинах с вращающимся челноком принимают i = 1:2. Тогда $\varphi_{45} = 105 \div 110°$ (участок 45′) и $\varphi_{56} \le 125 \div 155°$ (кривая *Б*). В некоторых небыстроходных машинах применяют челноки с неравномерным вращением: при этом $i_{ср}$ = 1:1. На участке обвода 45″ челнок движется с большей скоростью и меньшей при холостом (кривая *В*).

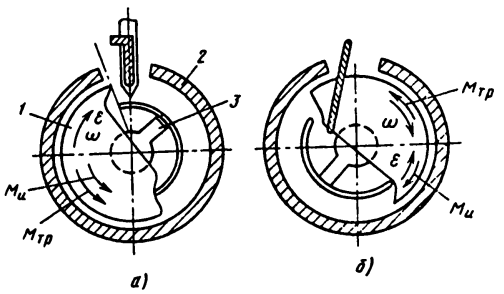


Рис. 4.3.10. Челночное устройство

Колеблющиеся челноки имеют челнок *1*, вставленный в паз прикрепленного к станине корпуса *2* и толкатель *3*, закрепленный на челночном валу (рис. 3.4.10).

Процесс переплетения ниток в машинах с качающимися челноками характеризуется небольшими скоростями носиков челноков при захвате и расширении петли. Когда игла находится в крайнем нижнем положении, носик челнока несколько заходит за линию иглы. В период подхода к игле последняя поднимается на величину Δy и образуется петля-напуск; челнок движется с небольшой угловой скоростью ω и большим угловым ускорением ε. Это обеспечивает снижение нагрузок на нитку со стороны челнока, а возникающие момент трения $M_{тр}$ и момент сил инерции $M_и = J_ч \varepsilon$ (где $J_ч$ - момент инерции челнока) способствуют образованию зазора между челноком и толкателем для прохода между ними игольной нитки (рис. 4.3.10, *а*). Во второй половине обвода петли направление меняется на обратное, а при $M_и > M_{тр}$ зазор образуется у противоположного бойка толкателя, и нитка свободно изымается из челночного устройства (рис. 4.3.10, *б*).

Определение оптимальных размеров челнока производится исходя из необходимости взаимодействия его с ниткой в период образования переплетения с учетом относительных перемещений с большими скоростями. Рассмотрим два основных периода взаимодействия челнока с игольной ниткой (рис. 4.3.11): захват петли и ее расширение; обвод петли вокруг шпуледержателя (челнока). В период захвата и расширения важным параметром является геометрия носика челнока, в частности угол β его заострения.

При расширении петли нитка *1*, поворачиваясь относительно иглы *3* и перемещаясь по внутренней грани носика челнока, под действием силы T натяжения ниток должна зайти за выступ *2* ободка шпуледержателя. С уменьшением угла β заострения носика челнока процесс расширения петли будет улучшаться, однако при этом увеличится коэффициент

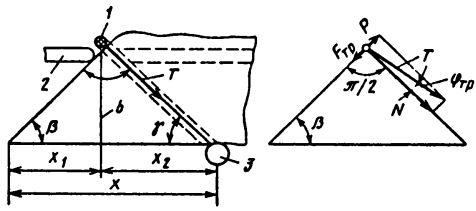


Рис. 4.3.11. Схема расширения петли игольной нитки носиком челнока

$k_ч$, так как длина дуги $x = \alpha R$, где α - угол, на который повернется челнок от момента захвата до начала зацепления ее выступом *2* шпуледержателя; R - радиус челнока. Тогда $x = x_1 + x_2 = b(\mathrm{ctg}\beta + \mathrm{ctg}\gamma)$, где b - высота треугольника. Оптимальное значение β будет являться корнем уравнения $\frac{dx}{d\beta} = 0$, откуда

$$\beta = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{тр}}{2}.$$

В период обведения игольной нитки вокруг челнока следует учесть, что с увеличением размера челнока возрастают потеря прочности игольной нитки и обрывность, снижается производительность, но челнок увеличенных размеров содержит большой запас ниток и требует меньших затрат времени на смену шпуль.

Технологический цикл, определяющий производительность машины, можно представить суммой $T = t_1 + t_2 + t_3$ средних затрат времени, отнесенных к единице продукции; t_1 и t_2 - время соответственно на смену и заправку машины после обрыва, зависящее от размеров челнока; t_3 - затраты времени, не зависящие от размеров челноков.

Время на смену шпули

$$t_1 = t_c N / N_ш,$$

где t_c - продолжительность смены шпули; N - число стежков, выполненных за цикл.

При этом

$$N_ш = \mathrm{V}\,\eta / (l F),$$

где η - коэффициент использования объема челнока; l - расход нитки на стежок; F - площадь поперечного сечения нитки; V - объем челнока.

Тогда

$$t_1 = C_1 / \mathrm{V},$$

где $C_1 = l F N t_c / \eta$.

Время на заправку машины после обрыва

$$t_2 = j N t_3,$$

где $j = A\mathrm{V}^m$ - обрывность; t_3 - продолжительность одной заправки; A и m - экспериментальные значения.

Оптимальное значение объема челнока

$$\mathrm{V} = \left(\frac{C_1}{C_2 m}\right)^{(m+1)^{-1}},$$

где $C_2 = A N t_3$.

Взаимодействие деталей челночного устройства характеризуется быстрым износом трущихся поверхностей в парах челночного устройства, что свидетельствует о наличии значительных нагрузок на детали челнока. Принцип работы вращающегося челнока предусматривает равномерное вращение крючка; шпуледержатель при этом должен оставаться неподвижным. Однако в реальных условиях шпуледержатель совершает сложные перемещения со значительными скоростями и ускорениями, что обусловливает повышенные инерционные нагрузки. Эти перемещения связаны с неточностью центрирования вращающихся частей и наличием зазоров. При этом зазоры могут быть предусмотрены конструктивно - между выемкой шпуледержателя и установочным пальцем и возникать между пояском шпуледержателя и пазом в крючке.

Механизм подачи нитки. Назначение механизма заключается в подаче нитки необходимой длины для каждого этапа процесса образования переплетения, затяжки стежка, сматывания с катушки игольной нитки, израсходованной на образование стежка. Работа механизма определяется законом изменения периметра $П_l$ петли игольной нитки, необходимого для образования переплетения. На рис. 4.3.12 показан участок нитки от катушки *1* и тормозка *2* до заделки в стежке *3*, находящейся под воздействием инструментов, участвующих в образовании переплетения. С изменением $П_l$ механизм должен освободить необходимую длину нитки, что осуществляется изменением положения F глазка нитеподатчика по вертикали, вследствие чего при неподвижных направителях N_1 и N_2 меняется суммарная длина ветвей $l_1 + l_2$.

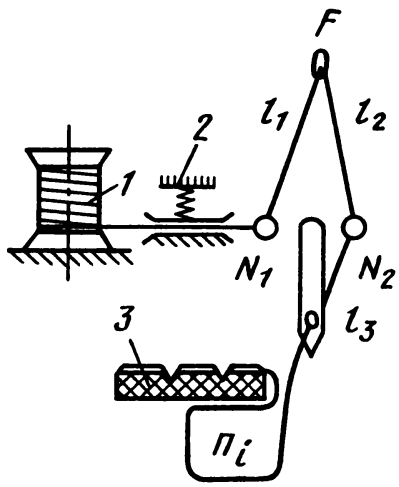


Рис. 4.3.12. Схема участков нитки в процессе образования переплетений

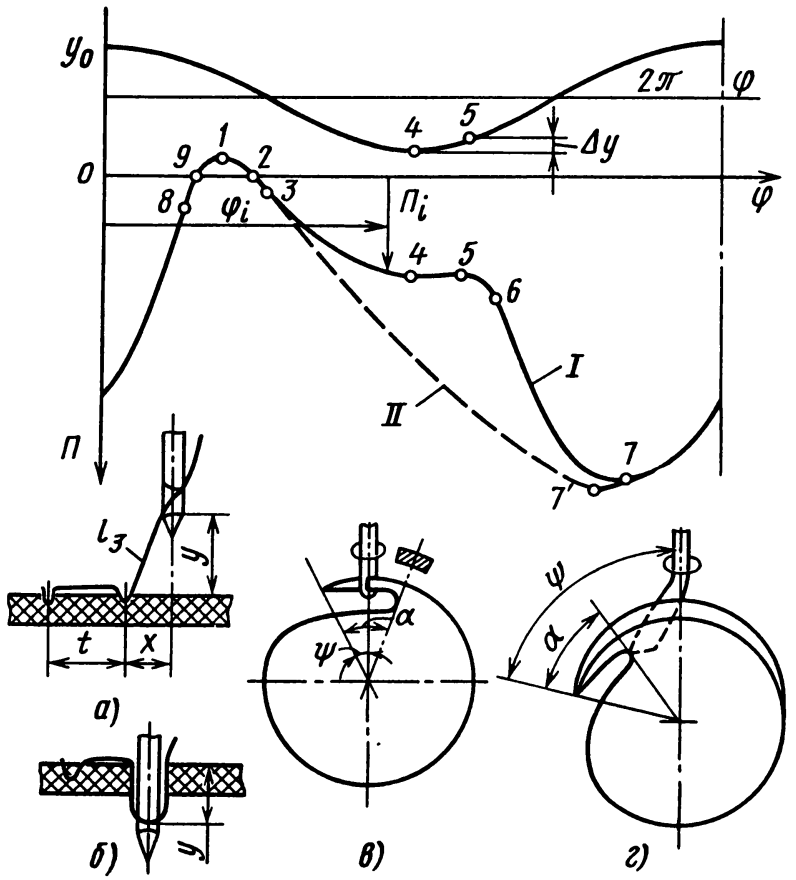


Рис. 4.3.13. Диаграмма подачи игольной нитки

Подача нитки (расход) для всего цикла образования переплетения и затяжки стежка может быть представлена диаграммой $П(\varphi)$ (рис. 4.3.13). Рассмотрим процесс построения диаграммы: положительное направление $П(\varphi)$ показано стрелкой. Построение начнем с точки *1*, при этом точка *F* (см. рис. 4.3.12) занимает крайнее верхнее положение. За начало отсчета аргумента функции $П(\varphi)$ примем угол φ, соответствующий крайнему верхнему положению иглы (см. рис. 4.3.13).

Участок *12* характеризуется разгрузкой нитки, падением ее деформации. Принято считать, что в точке *2* расход нитки $П_2 = 0$. На участке *23* происходит опускание иглы до уровня материала и перемещение объекта обработки на стежок. Расход нитки $П_{23}$ на этом участке может быть определен из рис. 4.3.13, *а*:

$$П_{23} = l_3 - y = k_1\left(\sqrt{x^2 + y^2} - y\right),$$

где l_3 - длина участка нитки от ушка иглы до уровня материала; x - перемещение материала; y - перемещение иглы; k_1 - коэффициент, учитывающий отклонение действительной формы игольной нитки от принятой при расчете; в дальнейшем коэффициенты k_2, k_3, k_4 будут иметь аналогичный смысл.

В точке *3* $y = 0$, $x = t$, где t - длина стежка. Тогда расход нитки в точке *3* $П_3 = k_1 t$.

На участке *34* игла проводит игольную нитку сквозь материал (рис. 4.3.13, *б*). При этом расход $П_{34} = П_3 + 2k_2 y$. В крайнем нижнем положении иглы (точка *4*) $y = b$ (где b - полное перемещение иглы под уровнем материала). Тогда расход $П_4 = П_3 + 2k_3 b$.

На участке *45* образуется петля-напуск на игольной нитке при подъеме иглы на величину Δy из крайнего нижнего положения. В момент захвата челноком петли игольной нитки (точка *4*) расход не увеличивается, т.е. можно принять $П_5 = П_4$.

На участке *56* происходит захват петли игольной нитки носиком челнока и ее расширение (рис. 4.3.13, *в*). Расход

$$П_{56} = П_4 + L\frac{\psi}{\alpha}k_4,$$

где ψ - угол поворота челнока; α - угол, соответствующий длине носика; L - периметр сечения у основания носика челнока.

В момент окончания расширения петли игольной нитки и начала обвода (точка *6*) $\psi = \alpha$; тогда $П_6 = П_4 + k_4 L$.

На участке *67* происходит обвод петли вокруг челнока или шпуледержателя (рис. 4.3.13, *г*). При этом расход

$$П_{67} = П_6 + 2k_5\left(2R\sin\frac{(\psi-\alpha)}{2} + c\right),$$

где R и c - соответственно радиус челнока (или шпуледержателя) и его ширина.

В точке *7* $\psi - \alpha = \pi$, расход при этом будет максимальным:

$$П_7 = П_{\max} = П_6 + 2k_5(D + c),$$

где $D = 2R$.

После точки *7* глазок нитеподатчика начинает двигаться вверх. Происходит снятие петли с челнока, выбор резервной нитки (участок *78*). В точке *8* игольная нитка полностью выходит из контакта с челноком. На участке *89* игольная нитка выбирается из-под игольной пластины и на участке *91* происходит затяжка стежка.

Построенная таким образом зависимость $П(\varphi)$ (кривая *1*) характеризует потребную длину игольной нитки при соответствующем значении φ_i и называется диаграммой необходимой подачи нитки. Она является основой проектирования механизма подачи нитки. Фактическая подача нитки (кривая $П'$) в машинах отличается от необходимой - она имеет более простую конфигурацию и ни на одном участке ее ордината не может быть меньше ординаты диаграммы необходимой подачи.

Задача проектирования механизмов подачи нитки на стадии параметрического синтеза сводится к определению линейной и угловых параметров звеньев, профилированию кулачков. Основой для проектирования является диаграмма подачи нитки. На участке *19* имеем

$$l_{1i} + l_{2i} = l_0 + (П_{\max} - П_i).$$

Это уравнение является одним из ограничений задачи проектирования механизмов подачи нитки, определяющих соответствие его заданным требованиям. Другие ограничения определяются конструктивными соображениями, условиями прочности, надежности, технологических условий работы механизма. Целевой функцией является разность между диаграммой необходимой и фактической подачи нитки.

Конструктивно механизмы подачи нитки могут быть (рис. 4.3.14): кулачковыми, кулисными, шарнирно-стержневыми, ротационными.

В кулачковом механизме (рис. 4.3.14, *а*) профиль кулачка *1* обеспечивает поворот рычага-нитеподатчика *2* и перемещение глазка F нитеподатчика относительно нитенаправителей N_1 и N_2, что обусловливает изменение длин участков l_1 и l_2 нитки и периметра $П(\varphi)$ петли игольной нитки, необходимого для образования переплетения.

Кулачковые механизмы обеспечивают воспроизведение диаграммы подачи нитки с небольшими отклонениями. При значительном уменьшении длины стежков и толщины сшиваемых деталей целесообразно применять двухглазковые рычаги-нитеподатчики. Однако ввиду больших напряжений при контакте кулачков с роликами и высоких скоростей их относительного скольжения эти механизмы недолговечны и применяются только в некоторых тяжелых машинах.

Кулисный механизм (рис. 4.3.14, *б*) состоит из кривошипа *4*, трехголовочного шатуна *5*, ползуна *6*, сухаря *3*, рычага-нитеподатчика *2*. В кулисных механизмах глазки F расположены на рычагах, жестко соединенных с качающимися кулисами. Кулисные механизмы менее точно воспроизводят диаграмму подачи нитки и обеспечивают лишь приближение в нескольких точках диаграммы. С увеличением числа требуемых точек приближения проектирование механизма в значительной степени усложняется.

Шарнирно-стержневой механизм (рис. 4.3.14, *в*) состоит из кривошипа *4*, соединительного звена *7*, рычага-нитеподатчика *2*. Этот механизм, так же как и кулисный, обеспечивает приближение лишь в нескольких точках диаграммы подачи нитки.

Вращающийся нитеподатчик (рис. 4.3.14, *г*) состоит из одной детали, имеющей поверхности сложной формы, с которыми контактирует нитка в процессе образования переплетения. Достоинством такого нитеподатчика является возможность его уравновешивания.

Механизмы для перемещения обрабатываемых изделий и деталей. Они определяют уровень автоматизации технологических процессов и основные технико-экономические показатели работы машины. По виду перемещения деталей и изделий эти механизмы делятся на две группы: для линейного перемещения и для перемещения в плоскости; при этом перемещение может осуществляться с остановками и непрерывно.

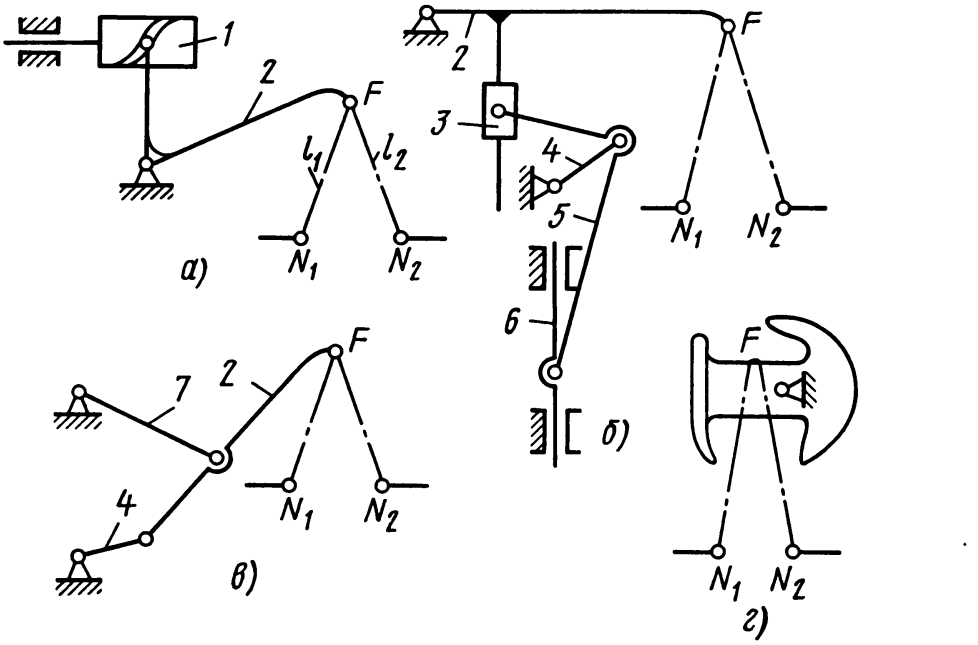


Рис. 4.3.14. Механизмы подачи нитки:
а - кулачковый; *б* - кулисный; *в* - шарнирно-стержневой; *г* - вращающийся

При проектировании и расчете механизмов следует учитывать технологические, кинематические и динамические условия. Скорости перемещения деталей и изделий часто должны быть регулируемыми, погрешность обработки не должна превышать заданной. В некоторых случаях обеспечивается определенная ориентация инструмента относительно объекта обработки. Механизм должен позволять производить быструю переналадку для обработки деталей и изделий других размеров и форм.

В машинах общего назначения применяются механизмы для линейного перемещения деталей и изделий. Линейные перемещения объектов обработки осуществляются во всех машинах общего назначения и в некоторых специальных машинах. Детали и изделия при этом имеют временный или постоянный контакт с транспортирующими инструментами (рейкой, роликом, валком), или же закреплены в особых держателях. В первом случае для осуществления обработки необходимо участие оператора. При обработке по сложным контурам (с малыми радиусами скругления, изломами) необходимо, кроме того, снизить скорости работы машины, а в некоторых случаях - остановить, например, для поворота вокруг иглы при выполнении излома на строчке. Если объект закреплен в держателе, то работа машин выполняется без участия оператора (швейные машины-полуавтоматы).

В швейных машинах общего назначения применяются реечные механизмы, обеспечивающие перемещения сшиваемых деталей с выстоем: одноreечные; с двумя рейками, расположенными ниже сшиваемых деталей; с рейками, расположенными ниже и выше деталей. Наиболее широко распространены одноreечные механизмы.

На рис. 4.3.15 показана траектория движения одной из точек рейки. Перемещение деталей начинается с момента, когда зубцы рейки поднимаются выше игольной пластины, т.е. с точки *a*, а оканчивается в точке *b*, когда зубцы уйдут под игольную пластину. Перемещение деталей *S* за цикл близко к проекции отрезка траектории *ab* на ось *x*, т.е. зависит от габаритных размеров (*B* и *H*) траектории зубца. Механизм должен иметь регулировку раз-

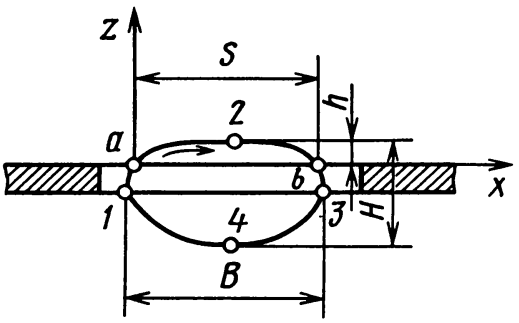


Рис. 4.3.15. Траектория движения одной из точек рейки

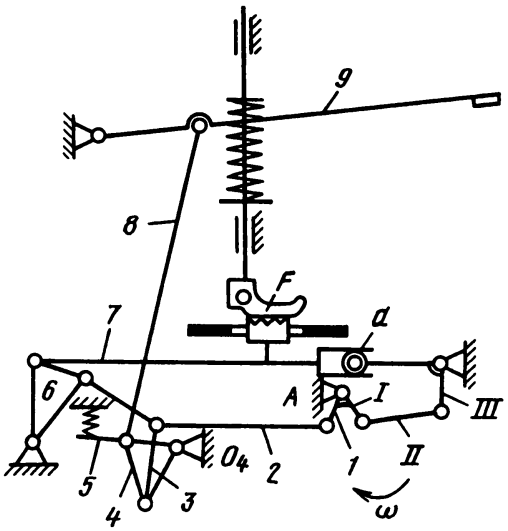


Рис. 4.3.16. Механизм перемещения рейки машины 97 кл. ОЗЛ

мера *B*; размер *H* не регулируется и обычно *H* = 4 ÷ 5 мм. Чтобы обеспечить выполнение показанной на рисунке траектории, механизм рейки должен иметь две кинематические цепи для перемещения рейки - по осям *x* и *z*.

Однореечный механизм имеет цепи горизонтального перемещения и подъема рейки (рис. 4.3.16). Горизонтальное перемещение рейки передается от эксцентрика *1*, закрепленного на валу *A*; с помощью звеньев *2* - *7* на вилке закреплена рейка *F*. Подъем рейки осуществляет ролик *d*, который получает движение от эксцентрика *I* через шатун *II* и угловой рычаг *III*. Рычаги *8* и *9* служат для осуществления реверса рейки.

4.3.2. МАШИНЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗИГЗАГООБРАЗНЫХ СТРОЧЕК

В швейном и обувном производстве широко используют швейные машины различных классов для выполнения зигзагообразных

4.3.4. Техническая характеристика машин для выполнения зигзагообразных строчек

Класс	Область использования	Частота вращения главного вала, мин$^{-1}$	Ширина зигзага, мм	Толщина сшиваемых материалов, мм
26	Шитье хлопчатобумажных и шерстяных тканей, пришивание кружев, тесьмы строчкой двухниточного зигзагообразного стежка	2500	9	5
26-I	Прикрепление боковых сторон листочки к полочке мужского пиджака строчкой двухниточного челночного зигзагообразного стежка	2000	1,5	3
75-А	Шитье изделий специального назначения строчкой зигзагообразного четырехукольного двухниточного стежка	2000	8	9
87	Шитье изделий больших габаритных размеров из плотных, толстых материалов двух- и четырехукольной строчкой двухниточного челночного стежка	600	9	12
216	Шитье изделий специального назначения строчкой двухниточного челночного зигзагообразного стежка	1100	10	8
226	Соединение концов вытянутых кордных нитей строчкой двухниточного зигзагообразного стежка	1200	3	-
426	Пошив тканей строчкой двухниточного челночного зигзагообразного стежка, а также вышивание и выполнение декоративных строчек на предприятиях бытового обслуживания	1500	5	5
862	Стачивание тонких и средних материалов зигзагообразной строчкой	4000	7	7
846	Стачивание тонких и средних материалов двумя зигзагообразными строчками	2500	6	7
1126	Стачивание деталей заготовок обуви строчкой двухниточного зигзагообразного стежка	3000-4000	9	5

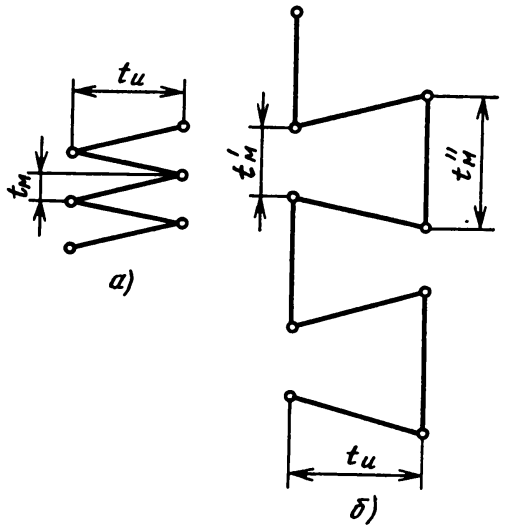


Рис. 4.3.17. Виды зигзагообразных строчек

строчек - зигзаг-машины (табл. 4.3.4). В зависимости от назначения эти машины имеют конструктивные отличия, однако принцип образования строчек у них одинаковый. Зигзагообразная строчка образуется вследствие отклонения иглы поперек строчки и перемещения материала вдоль строчки.

Раппорт (число стежков в повторяющемся элементе) простой зигзагообразной строчки (рис. 4.3.17, *а*) равен 2. Параметры строчки: отклонение иглы $t_и$ и шаг строчки $t_м$ в процессе выполнения операции не изменяются ($t_и$ и $t_м$ устанавливают при регулировке машины), но могут изменяться в процессе выполнения сложной строчки (рис. 4.3.17, *б*). Раппорт этой строчки равен 4.

В современных машинах механизмы иглы, челнока, нитепритягивателя и двигателя материала в большинстве случаев мало отличаются от аналогичных механизмов швейных машин общего назначения. Особенностью зигзаг-машин является наличие механизма отклонения иглы. Схемы и конструкции этих механизмов достаточно разнообразны, что объясняется особенностью выполняемых операций, однако по принципу работы наиболее распространенными механизмами отклонения иглы являются маятниковые и рамочные. В маятниковых механизмах игла отклоняется в плоскости, параллельной плоскости перемещения челнока, поэтому при изменении параметра $t_и$ расстояние между иглой и носиком челнока не изменяется. В рамочных механизмах это расстояние при изменении $t_и$ меняется, что может потребовать переналадки машины.

Механизм отклонения маятникового типа устроен следующим образом (рис. 4.3.18). На главном валу *1* установочными винтами закреплено винтовое зубчатое колесо *2*, находящееся в зацеплении с винтовым зубчатым колесом *3*, свободно вращающимся на оси, установленной в корпусе машины. Передаточное отношение этой пары u = 2:1. Трехцентровый кулачок *4*, выполненный как одно целое с зубчатым колесом *3*, охватывается вилкой шатуна-кулисы *5*, который шарнирно соединен с рамкой *10* игловодителя *9*, качающейся на оси *13*. К шатуну-кулисе *5* шарнирно присоединен ползун *8*, перемещающийся в пазу рычага-регулятора *7* отклонения иглы. Положение рычага-регулятора *7* фиксируется гайкой *6*. Регулировка отклонения иглы достигается поворотом рычага-регулятора *7* вокруг своей оси. Чем меньше угол α между осью *CC* паза рычага *7* и прямой *DB*, тем больше осевое смещение шатуна-кулисы, а значит, больше отклонение иглы. Если угол $\alpha = 90°$, то отклонение иглы равно нулю.

В процессе работы механизма рамка *10* вместе с игловодителем *9* поворачивается вокруг оси *13*, при этом изменяется угол δ между осью игловодителя и осью пальца игловодителя *11*, шарнирно соединенного с нижней

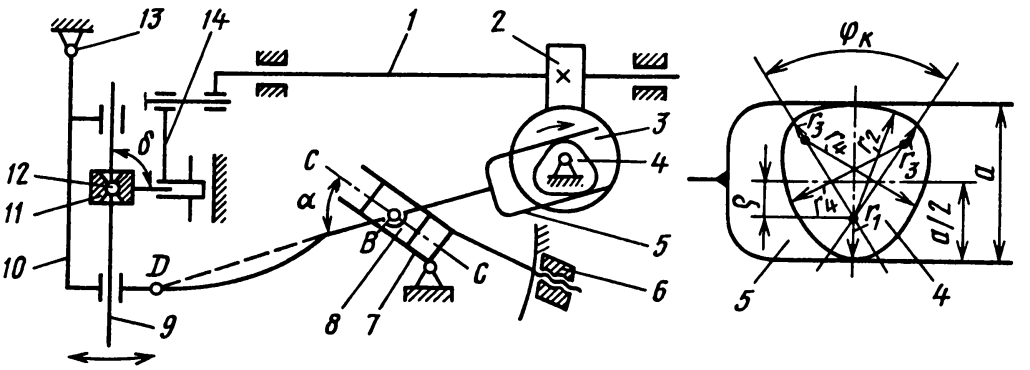


Рис. 4.3.18. Механизм отклонения маятникового типа

головкой шатуна *14*. Чтобы обеспечить возможность изменения угла δ, между игловодителем и его пальцем введена шарнирная связь: установлен цилиндрический вкладыш *12*, в котором винтом закреплен игловодитель *9*.

Правый конец нижней головки шатуна входит в направляющую, которая служит третьей опорой игловодителя, исключающей его поворот вокруг своей оси под действием шатуна.

Трехцентровый кулачок *4* является ведущим звеном механизма отклонения иглы в поперечном направлении строчки. Его профиль должен удовлетворять следующим требованиям, обусловленным особенностями механизма отклонения иглы:

кулачок должен обеспечивать выстой механизма отклонения в период нахождения иглы в материале, т.е. обеспечивать заданный угол $\varphi_к$:

$$\varphi_к = \varphi_и / i,$$

где $\varphi_и$ - угол поворота главного вала, соответствующий периоду нахождения иглы в материале (он определяется по циклограмме работы механизма иглы); $\varphi_к$ - угол поворота трехцентрового кулачка, соответствующий $\varphi_и$; i - передаточное число между главным валом и валом кулачка;

кулачок должен обеспечивать такое же отклонение рамки игловодителя, как и кривошипный механизм с радиусом кривошипа ρ. Радиус ρ определяется при проектировании механизма отклонения иглы;

кулачок должен состоять из сопряженных цилиндрических поверхностей однозначной кривизны. Его профиль описывается четырьмя сопряженными радиусами;

расстояние a между двумя любыми параллельными касательными к профилю кулачка должно быть постоянно. Размер a, равный ширине зева вилки, выбирается конструктивно.

Радиусы r_1, r_2, r_3, r_4, описывающие профиль кулачка, определяют из уравнений:

$$r_1 + r_2 = a;\ \frac{a}{2} - r_1 = \rho;$$

$$\frac{a}{2} - r_3 = (r_2 - r_3)\sin\frac{\varphi_к}{2};\ r_3 + r_4 = a.$$

4.3.3. МАШИНЫ ЦЕПНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ НИТОК

В швейном и особенно в швейно-трикотажном производстве широко используют различные швейные машины, образующие цепные стежки: каждая последующая петля одной нитки проводится в предыдущую петлю той же или другой нитки. Все цепные строчки образуются из непрерывных ниток и по сравнению с челночной строчкой характеризуются: меньшей потерей прочности игольных ниток благодаря снижению натяжения и повторных движений относительно ушка иглы, нитки о нитку и огибающие поверхности; большей прочностью и удлинением швов; большей производительностью труда вследствие сокращения потерь, связанных со сменой шпуль; снижением обрывности ниток и использованием более высоких скоростных режимов работы машины. К недостаткам такого переплетения относятся: возможность распускания строчек; повышенный расход ниток; объемность строчки из-за расположения петель ниток на поверхности материала, что может привести к ее ускоренному износу.

В зависимости от технологического назначения машины цепного однониточного, двух- и многониточного стежка разделяют на стачивающие, обметывающие, потайные, специальные, стачивающе-обметывающие или комбинированные.

Стачивающая прямолинейная строчка однониточного цепного стежка (рис. 4.3.19, *а*) относится к легко распускающимся ниточным соединениям. Под действием нагрузки, приложенной к концу нитки, освобожденной из последующей петли, петли нитки поочередно выскальзывают из отверстия прокола материала, и строчка распускается до начала. Кроме того, при пропуске стежка или обрыве нитки петли под материалом петли под действием нагрузки легко соскальзывают друг с друга, что нарушает плотность соединения. Такие строчки применяют для временного соединения деталей и при производстве головных уборов и отделочных работ.

Стачивающая прямолинейная строчка двухниточного цепного стежка широко используется при изготовлении одежды, в кожгалантерейной промышленности, при сшивании мешков (рис. 4.3.19, *б*). Она относится к числу менее распускающихся строчек. Для роспуска строчки сначала необходимо освободить из последней петли верхней нитки конец нижней нитки и потянуть за последний. Если нитка оборвалась сверху в середине строчки, то при вытягивании оборванных концов верхней нитки строчка не распускается.

Стачивающие зигзагообразные строчки по своему строению отличаются от прямолинейных расположением стежков (рис. 4.3.19, *в*). Эти строчки обеспечивают более эластичное соединение материала и позволяют предохранить срезы от осыпания. Их применяют для соединения материала швом встык, обметывания петель, пришивания кружев, выстегивания и т.д.

Стачивающие строчки могут быть как одно- и многолинейными, а также плоскими

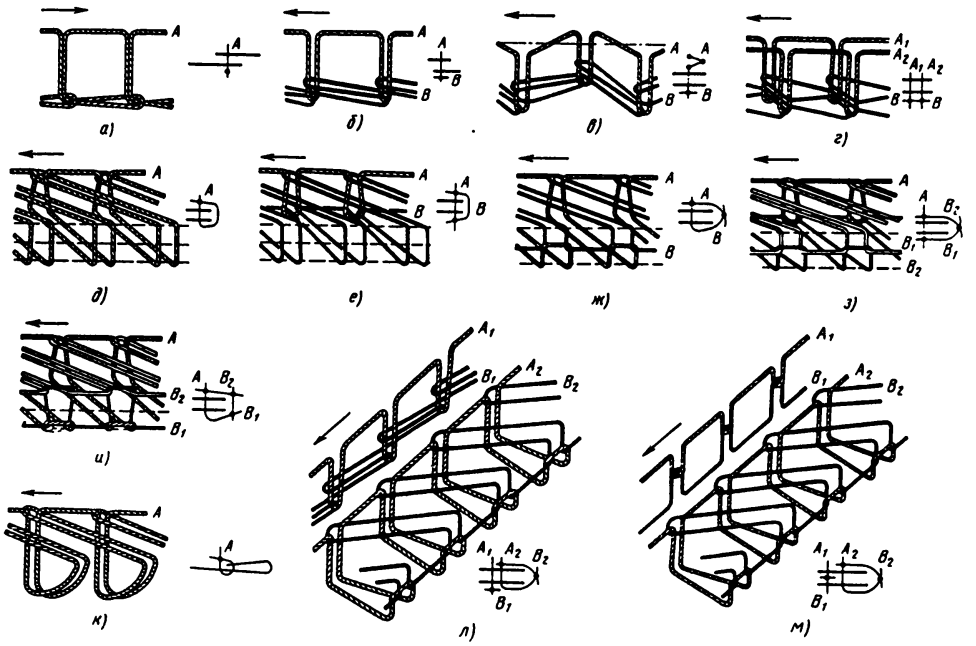


Рис. 4.3.19. Основные типы цепных стежков

строчками. Последние применяют для закрепления подогнутых краев изделий и при изготовлении шлевок (рис. 4.3.19, *г*).

Обметочные строчки предназначены для стачивания материала при одновременном обметывании срезов. Эти строчки бывают одно-, двух- и многониточными. Они отличаются от стачивающих цепных строчек пространственным расположением ниток в стежках. Обметочные строчки однониточного стежка применяют для соединения меховых шкурок (рис. 4.3.19, *д*), двухниточного - для обметывания срезов легко осыпающихся тканей и для подшивания краев трикотажных изделий, а многониточного - для трикотажных материалов (рис. 4.3.19, *е - и*).

Потайная строчка однониточного цепного стежка (рис. 4.3.19, *к*) по своей структуре близка к обметочной, но стежки не сквозные и нитки располагаются только на одной поверхности материала. Применяется такая строчка для подшивания подогнутых краев деталей.

Специальные строчки предназначены для изготовления петель, пришивания пуговиц и фурнитуры, вышивания. Структура стежков аналогична стачивающим цепным стежкам, но параметры стежков и их расположение различны.

Стачивающе-обметочные или комбинированные строчки - параллельное формирование стачивающей и обметочной строчек различных видов. Стачивающей строчкой может быть и строчка с челночным переплетением ниток. Применяются такие строчки для повышения эксплуатационных характеристик ниточного соединения (рис. 4.3.19, *л* и *м*). Прочность швов в поперечном и продольном направлениях в основном характеризуется максимальной статической нагрузкой при растяжении шва, удлинением шва при разрыве и выносливостью шва при многократном растяжении.

Для определения максимальной силы P и удлинения Δl при растяжении шва в поперечном направлении изготовляют образец размером 20 × 5 см со швом поперек полоски и экспериментально определяются величины P и Δl в расчете на 5 см шва. Для ориентировочной оценки силы P можно использовать формулу

$$P = l\, m\, Q\, k_1\, k_2,$$

где l - длина шва; m - число стежков на 1 см строчки; Q - прочность нитки; k_1, k_2 - коэффициенты, характеризующие потерю прочности нитки при работе на машине и в узлах переплетения.

Для оценки выносливости шва при многократном растяжении вдоль и поперек используют пульсатор.

Результаты сравнительных исследований характеристик швов с челночными и цепными строчками свидетельствуют о преимуществе последних, так как челночная строчка полностью воспринимает нагрузку, а цепные строчки

4.3.5. Расход ниток в строчках

Стежок	Класс	100	300		400				500		600	
	Тип	101	301	304	401	402	403	404	503	504	602	604
Расход ниток, м		3,80	2,80	5,28	4,80	11,84	18,88	9,76	12,08	13,88	16,08	23,36

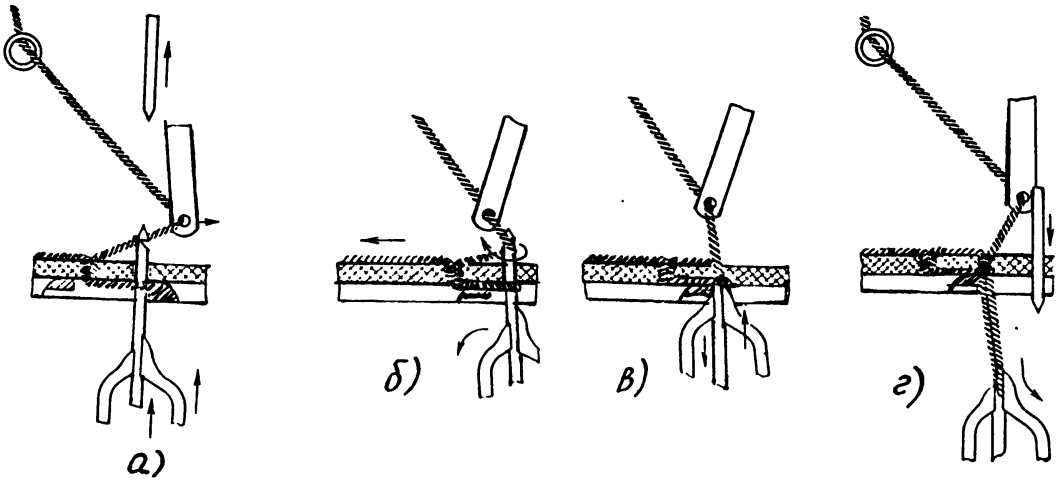


Рис. 4.3.20. Процесс образования стежка с помощью крючковой иглы

перераспределяют ее по материалу, а кроме того, обладают значительно большим удлинением.

Результаты расчета, проведенного фирмой "Амон сони" (Германия), расхода ниток на строчку длиной 1 м, длиной стежка 5 мм, толщиной ткани 1 мм, шириной шва 5 мм и покровного стежка 5 мм приведены в табл. 4.3.5.

Степень распускаемости цепных строчек зависит от структуры стежка и числа ниток, входящих в него. Чем сложнее структура стежка и больше ниток, тем меньше степень распускаемости строчки. Оценку распускаемости строчек проводят для одно- и двухниточных строчек.

Стачивающие швейные машины однониточного цепного стежка (тип 101). При стачивающих однониточных цепных строчках каждая последующая петля игольной нитки, проведенная через материал, проводится в предыдущую петлю под материалом. Процесс образования стежков типа 101 может быть осуществлен различными способами: с помощью крючковой иглы и ширителя (нитенакидывателя), с помощью иглы и петлителя, совершающего вращательное движение вдоль строчки, или петлителя, совершающего качательное движение вдоль строчки, и ширителя.

Процесс образования стежка с помощью крючковой иглы происходит следующим образом (рис. 4.3.20). Игла без нитки прокалывает материал. Нитенакидыватель, совершая движение относительно иглы, накидывает нитку на иглу (рис. 4.3.20, *а*). При движении иглы из материала нитка скользит по стержню иглы и попадает на крючок (рис. 4.3.20, *б*). Игла выходит из материала и протягивает петлю нитки через материал (рис. 4.3.20, *в*). Материал перемещается на длину стежка (рис. 4.3.20, *г*). Игла вновь проходит через материал, а петля соскакивает с крючка иглы и охватывает ее стержень.

При движении иглы из материала нитенакидыватель обходит вокруг иглы и накидывает на нее новую петлю, которая затем попадает на крючок. Игла, продолжая движение, вытягивает новую (последующую) петлю через отверстие прокола материала. Ширитель закрывает крючок иглы для того, чтобы исключить повторный захват предыдущей петли, которая охватывает стержень иглы, а игла протягивает новую петлю в предыдущую. При дальнейшем движении иглы предыдущая петля соскальзывает со стержня иглы, а последующая петля остается на крючке иглы. Происходит перемещение материала и затяжка стежка. Игла, удерживая петлю нитки на крючке, вновь движется к материалу. Процесс повторяется.

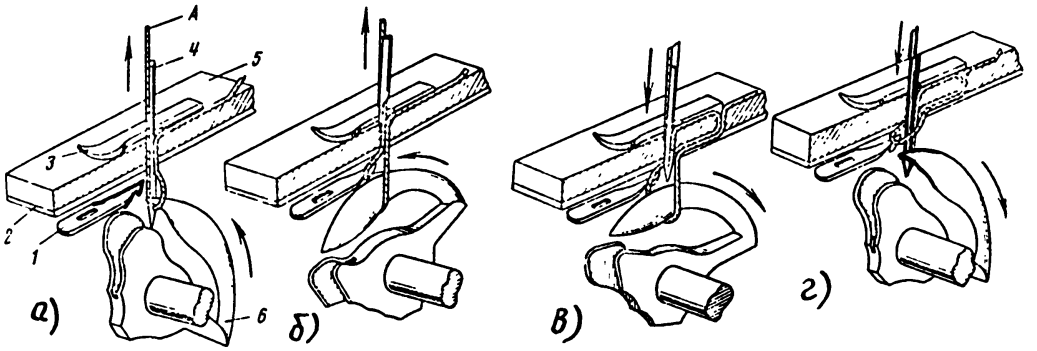


Рис. 4.3.21. Процесс образования стежка с помощью качающегося петлителя

Процесс образования стежка с помощью качающегося петлителя вдоль строчки (рис. 4.3.21). Нитка заправляется в ушко иглы поперек строчки слева направо. Игла, заправленная ниткой, прокалывает материал и проводит через отверстие прокола петлю нитки. При подъеме из крайнего нижнего положения над ушком иглы образуется петля-напуск, в которую входит носик петлителя при движении вдоль строчки навстречу продвижению материала (рис. 4.3.21, *а*). При дальнейшем движении петлитель расширяет захваченную петлю и надевает ее на ширитель, закрепленный снизу под платформой машины (рис. 4.3.21, *б*). Игла выходит из материала и происходит перемещение последнего на длину стежка. Петлитель начинает движение в обратном направлении, формирует совместно с ширителем петлю игольной нитки под материалом (рис. 4.3.21, *в*). Игла, проколов материал, входит в эту петлю и проводит в нее новую (последующую) петлю своей нитки. Петлитель, продолжая движение, сбрасывает с себя и ширителя предыдущую петлю, которая уже охватывает иглу (рис. 4.3.21, *г*). Игла опускается до крайнего нижнего положения и происходит сокращение сброшенной петли, которое продолжается после следующего захвата петли-напуска петлителем. Затем процесс повторяется.

Процесс образования стежка с помощью вращающегося петлителя вдоль линии строчки (рис. 4.3.22). Петлитель, захватив петлю-напуск игольной нитки, при повороте расширяет ее и надевает на себя (рис. 4.3.22, *а*). Перемещение материала и дальнейший поворот петлителя способствуют тому, что петля занимает положение, обеспечивающее попадание в нее носика петлителя при следующем обороте (рис. 4.3.22, *б*). Проколов вторично материал (рис. 4.3.22, *в*) и достигнув крайнего нижнего положения, игла поднимается и образует новую петлю-напуск, которую захватывает носик петлителя (рис. 4.3.22, *г*). При дальнейшем вращении петлитель вводит новую захваченную петлю в предыдущую, еще охватывающую петлитель (рис. 4.3.22, *д*). Петлитель продолжает вращаться и происходит сброс предыдущей петли с петлителя (рис. 4.3.22, *е*) и сокращение ее периметра (рис. 4.3.22, *ж*).

Стежок может образовываться только при перемещении материала в направлении, совпадающем с движением носика петлителя при захвате петли-напуска. Если материал будет перемещаться в противоположном направлении, то петлитель сбросит предыдущую петлю до захвата последующей и стежок не образуется. Для устранения этого недостатка следует применять дополнительный инструмент - ширитель, расширяющий и удерживающий петлю до входа в нее петлителя с новой петлей.

Окончательное переплетение ниток получается при затягивании стежка (рис. 4.3.22, *з*). В этот момент нитка перемещается в двух смежных отверстиях, следствием чего является значительное повышение натяжения нитки на петлитель.

Натяжение нитки на петлитель согласно формуле Эйлера приближенно

$$T_{\text{п}} = T_{\text{с}}\, e^{k_1 \Sigma \alpha_i} + F_1,$$

где $T_{\text{с}}$ - натяжение нитки со стороны предыдущего стежка; k_1 - коэффициент трения нитки о нитку и материал; $\sum_{i=1}^{6} \alpha_i$ - сумма углов охвата ниткой материала и ниток; F_1 - сила трения нитки на участке петлитель-стежок о нитку петли.

Во время окончательного затягивания стежка натяжение нитки со стороны иглы

$$T_{\text{и}} = \frac{T_{\text{п}}}{e^{k_2 \alpha_1}} - F_2,$$

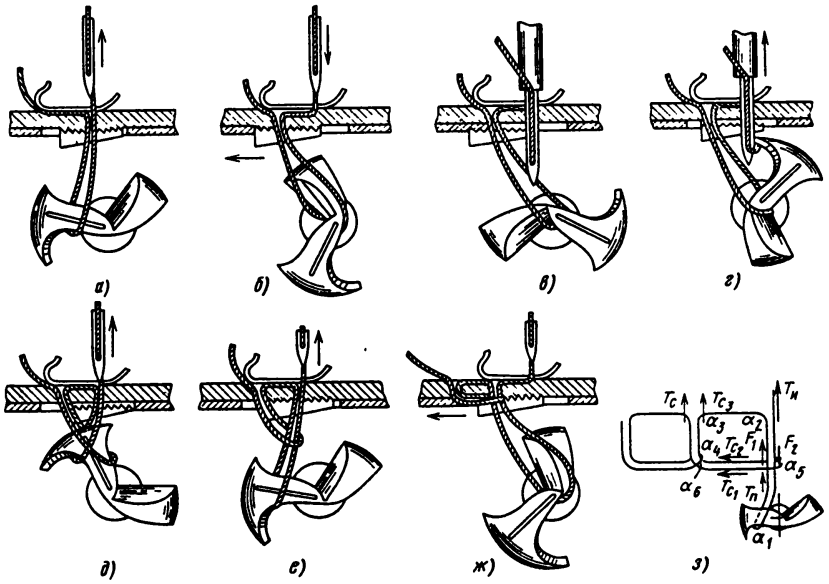


Рис. 4.3.22. Процесс образования стежка с помощью вращающегося петлителя

где k_2 - коэффициент трения нитки о петлитель; α_1 - угол обхвата ниткой петлителя; F_2 - сила трения нитки на участке петлитель-игла о нитку петли.

Учитывая, что $F_1 = F_2$, а также принимая $\alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_6 = \frac{\pi}{2}$; $\alpha_1 = \alpha_5 = \pi$; $k_1 = 0{,}3$; $k_2 = 0{,}15$, находим $T_п \approx 18T_с$; $T_и \approx 11T_с$.

При окончательном затягивании стежка натяжение нитки со стороны иглы значительно меньше, чем натяжение на петлителе.

Сила прижатия слоев материала друг к другу в одном стежке

$$P = T_с + T_{с_3}.$$

Выразив силу $T_{с_3}$ через T_1, найдем

$$P = T_с\,(1 + e^{2k_1\pi}).$$

При $k_1 = 0{,}3$ сила $P = 8\ T_с \approx 0{,}7T_и$. В челночных стежках при таком же значении k_1 сила $P = (2 \div 2{,}5)T_и$.

Устойчивость и надежность процесса образования стежков определяется необходимым натяжением нитки на рабочих инструментах, к которым относятся игла, петлитель и ширитель. Для управления натяжением нитки в процессе образования стежка применяются специальные нитенатяжные устройства - механизм подачи нитки. В него входят нитеподатчик рычажного или кулачкового типа и регулятор натяжения нитки (тормозок).

В процессе образования стежков нитка движется с переменной скоростью относительно ряда сложных контуров, включающих различные пары трения (нитка по нитке, нитка по сшиваемому материалу, нитка по металлу). При высоких скоростях нитка подвергается действию ударных нагрузок. Учет законов поведения ниток в этих условиях необходим при разработке рационального процесса образования стежка и проектировании рабочих инструментов и исполнительных механизмов.

Обычно для получения качественной характеристики изменения натяжения нитки в процессе образования стежка используют формулу Эйлера $T_2 = T_1\, e^{k\alpha}$. Для количественной оценки используют экспериментальные коэффициенты k_i, учитывающие трение, изгибную жесткость и скорость движения нитки при огибании различных контуров: $T_2 = \prod_{i=1}^{n} k_i T_1$. Регуляторы натяжения должны сообщать нитке стабильное заданное натяжение и быть удобными в заправке; натяжение должно легко регулироваться; поверхности соприкосновения с ниткой должны быть износоустойчивыми и не вызывать ее повреждения.

По принципу действия регуляторы натяжения делятся на пластинчатые, стоечные, с внешним торможением и комбинированные.

Пластинчатый регулятор натяжения создает натяжение нитки путем воздействия нормальной реакции на нитку, проходящую между двумя поверхностями пластинок. Регулируемая нормальная реакция N со стороны пластинок вызывает силу трения, воздействующую на нитку,

$$F_{тр} = 2k\,N,$$

где k - коэффициент, учитывающий физико-механические свойства нитки и ее скорость скольжения относительно пластинок.

При натяжении нитки T_1 на входе регулятора получаем на выходе T_2:

$$T_2 = T_1 + 2k\,N^{п}.$$

Недостатком такого регулятора является зависимость натяжения T_2 на выходе от неравномерности нитки по толщине и наличие скачкообразного изменения натяжения при прохождении через пластинки узелков нитки. Для уменьшения влияния отмеченных недостатков края пластинок делают скругленными.

В стоечном регуляторе требуемое натяжение нитки создается при огибании ее ряда нитенаправителей (цилиндрических стоек):

$$T_2 = T_1\,e^{k\Sigma\alpha_i},$$

где $\Sigma\alpha_i$ - суммарный угол обхвата стоек ниткой.

В таком регуляторе наблюдается степенная зависимость натяжения на выходе от натяжения на входе. Регулировка натяжения нитки проводится изменением числа и значения углов обхвата.

В регуляторе с внешним сопротивлением требуемое натяжение на выходе создается внешней силой, которая непосредственного контакта с ниткой не имеет. Обычно нитка перебрасывается через вращающийся ролик так, чтобы исключалось ее проскальзывание относительно ролика, а к ролику прикладывается внешняя сила (сила трения):

$$T_2 = T_1 + \frac{r}{R}F_{тр},$$

где T_1 - натяжение на входе, $F_{тр}$ - сила трения; R - радиус ролика; r - радиус тормозного диска.

Для обеспечения вращения ролика необходимо выполнение условия

$$T_1(e^{k\alpha} - 1)R > F_{тр}\,r,$$

где α - угол обхвата ролика ниткой.

Преимуществами такого регулятора являются: отсутствие силового воздействия непосредственно на нитку и ее движение без скольжения по регулятору, что значительно снижает зависимость натяжения на выходе T_2 от натяжения на входе T_1. Однако вследствие неравномерности движения нитки возникают силы инерции ролика, что приводит к дополнительному натяжению нитки.

В комбинированном регуляторе выходное натяжение нитки обусловлено как силой сжатия N, так и углом обхвата α стержня. В швейных машинах цепного стежка широкое применение нашли различные конструкции таких регуляторов (тарельчатые тормозки). Тарельчатый регулятор натяжения нитки (рис. 4.3.23) состоит из стержня *1* радиусом r с надетыми на него двумя тарелочками *2* и *3*, между которыми проходит нить *6*. Сила N между тарелочками, создаваемая пружиной *4*, регулируется посредством гайки *5*.

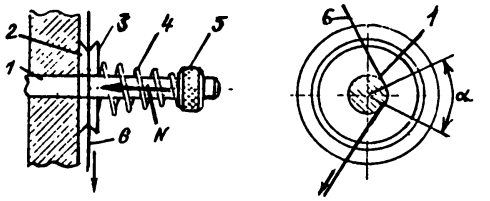


Рис. 4.3.23. Тарельчатый регулятор натяжения нитки

Последовательность проектирования механизмов во многом аналогична проектированию механизмов машин челночного стежка: построение совмещенных графиков движения рабочих инструментов (игла, петлитель, двигатель материала, нитеподатчик); проектирование механизмов иглы, петлителя и перемещения материала; расчет графика необходимой подачи нитки и проектирование механизма подачи нитки.

Характерной особенностью является расчет графика необходимой подачи нитки. На основе графиков движения рабочих инструментов и выбранного способа затяжки стежков рассмотрим последовательность построения графиков подачи нитки на примере машины с вращающимся петлителем (рис. 4.3.24). Необходимую подачу нитки в однониточной машине можно охарактеризовать функцией

$$П(\varphi) = П^{I} + П^{II} - \zeta - \xi,$$

где $П^{I}$ - изменение периметра петли NM на участке $0 \le \varphi \le 2\pi$; $П^{II}$ - периметр петли M_1M; ζ - перемещение нитки относительно тормозка; ξ - удлинение нитки на участке тормозок - точка M_1.

Графики этих функций, а также перемещение $z_и$ иглы от уровня игольной пластины и фактическая подача нитки $П_ф$, осуществляемая нитеподатчиком F, представлены на рис. 4.3.24. Значения $П^{I}$ на участке $\varphi_1 \le \varphi \le \varphi_2$ определяется перемещениями ушка иглы и материала, а также формой игольного отверстия в прижимной лапке. На этом же участке происходит восстановление упругого растяжения нитки, полученного при окончательной затяжке стежка.

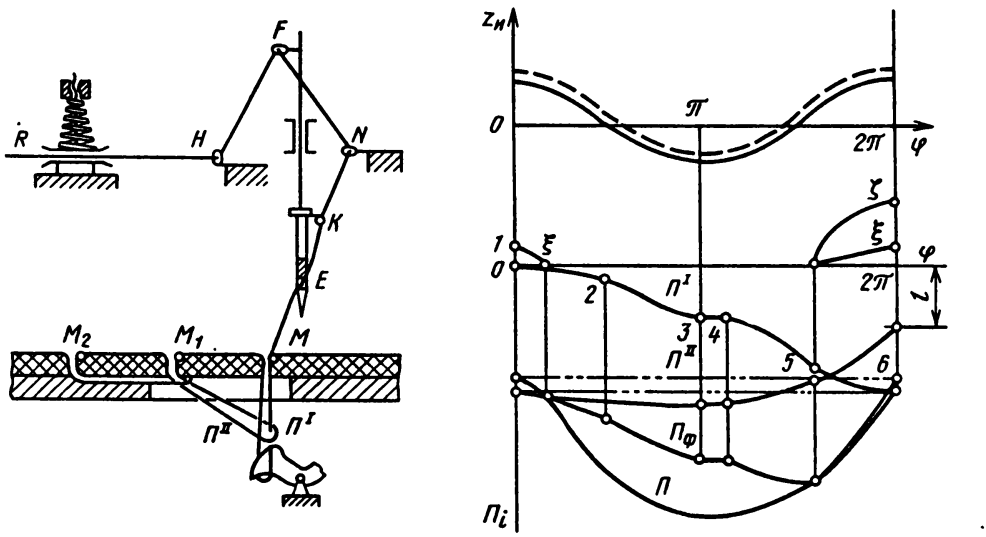


Рис. 4.3.24. Расчетная схема участков нитки однониточной цепной машины и графики необходимой подачи нитки и ее составляющих

Если прижимная лапка имеет разрез для прохода нитки, то при φ_1, когда игла находится в крайнем верхнем положении, нитка располагается по ломаной линии *MEKN*. В этот момент материал уже переместился на величину t_1. В момент φ_2 входа иглы в материал последний переместится на величину $t_2 = t - t_1$, и нитка расположится по новому контуру.

Таким образом, значения Π_1^I и Π_2^I соответственно при φ_1 и φ_2:

$$\Pi_1^I = 0;$$

$$\Pi_2^I = \sqrt{(z_N - b - h)^2} + t - \sqrt{(z_N - b - z_{E_1})^2 + x_N^2} - \sqrt{t_1^2 + (z_{E_1} - h)^2},$$

где t - длина стежка; z_{E_1} - координата ушка иглы от игольной пластины при φ_1; h - толщина материала; b - длина нитки на участке EK; x_N и z_N - координаты неподвижного нитенаправителя.

На участке $\varphi_2 < \varphi \le \varphi_3$ значение Π^I зависит в основном от перемещения ушка иглы относительно игольной пластины. При недостаточном освобождении предыдущая петля сильно сокращается, что может привести к пропуску стежка или обрыву нитки. Для снижения натяжения и изнашивания нитки при входе иглы в материал со стороны короткого желобка иглы должен быть определенный избыток нитки, а затем исключено перемещение нитки относительно ушка иглы в сторону стежка:

$$\Pi_3^I = \Pi_2^I + 2z_{23},$$

где z_{23} - перемещение ушка иглы под игольной пластиной.

На участке $\varphi_3 < \varphi \le \varphi_4$ образования петли-напуска существенное влияние может оказать деформация нитки, но в общем случае $\Pi_4^I = \Pi_3^I$. После захвата петли-напуска петлителем в моменты выхода иглы из материала

$$\Pi_5^I = \Pi_4^I + L_5 - L_4,$$

где $L_5 - L_4$ - изменение периметра петли, охватывающей петлитель при φ_5..

На участке $\varphi_5 < \varphi \le \varphi_6$ игла движется в крайнее верхнее положение; материал начинает перемещаться и нитка располагается по ломаной M_1MEKN:

$$\Pi_6^I = t + 2h + L_6,$$

где L_6 - периметр нитки, охватывающей петлитель при φ_6.

Происходит затяжка стежка и перемещение нитки относительно тормозка на величину израсходованной на стежок нитки:

$$\zeta_6 = 3t + 2h; \quad \xi_6 = \sum_{l=1}^{k} T_l l_l \delta,$$

где T_i и l_i - соответственно натяжение и длина i-го отрезка нитки; δ - податливость нитки.

Далее цикл работы иглы повторяется, а рассмотренная петля формируется в стежок:

$$\Pi_1^{II} = \Pi_6^{I};\ \Pi_2^{II} = \Pi_1^{II} + L_2 - L_6;$$

$$\Pi_3^{II} = \Pi_2^{II} + L_3 - L_2;\ \Pi_4^{II} = \Pi_3^{II};$$

$$\Pi_6^{II} = 3t + 2h.$$

Конструкция и работа нитеподатчика существенно влияют на процесс образования стежков, натяжение и изнашивание нитки. При недостаточном освобождении нитки на участке $\varphi_2 \le \varphi \le \varphi_3$ петля, охватывающая петлитель, имеет большое натяжение. Это может привести к пропуску стежка или обрыву нитки в ушке иглы. Для снижения натяжения нитки при входе ушка иглы в материал со стороны короткого желобка иглы должен быть определенный избыток нитки, а при затяжке стежков желательно, чтобы перемещение нитки относительно иглы отсутствовало.

На участке $\varphi_1 \le \varphi \le \varphi_5$ подача нитки нитеподатчиком (фактическая) не должна быть меньше необходимой, а на участке $\varphi_5 \le \varphi \le \varphi_6$ - близка к ней. Функция $\Pi_\Phi(\varphi)$ достаточно простая: имеет минимум при $\varphi = 0$ и максимум при $\varphi = \pi$. Характер ее изменения близок к графику движения иглы и поэтому глазки нитеподатчиков однониточных цепных машин принадлежат ползунам или шатунам механизмов игл.

Синтез нитеподатчика выполняется по отклонению $\Delta\Pi(\varphi)$ функции $\Pi_\Phi(\varphi)$ от $\Pi(\varphi)$ на отрезке, ограниченном аргументами φ_j и φ_k, с учетом технологических и конструктивных ограничений расположения подвижного и неподвижных нитенаправителей. Решение этой задачи наиболее перспективно оптимизационным синтезом. Критерий оптимальности в этом случае формируется обычно следующим образом:

$$\Delta\Pi(\varphi) = \sum_{j=1}^{k} \left(\Pi_\Phi(\varphi_j) - \Pi(\varphi_j)\right)^2 \alpha_j \rightarrow$$

$$\rightarrow \begin{cases} \min \text{ при } j = 1,5,6; \\ > 0 \text{ при } j = 2,3,4, \end{cases}$$

где α_j - весовые коэффициенты, определяющие точность приближения функций в отдельных точках φ_j.

Форма и размеры петлителя устанавливаются с учетом особенности его взаимодействия с другими инструментами машины. Так,

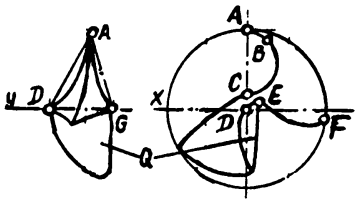


Рис. 4.3.25. Проекции вращающегося петлителя

длина носика AB (рис. 4.3.25) вращающегося петлителя должна обеспечить надежный захват и удержание петли, а участок BC - более плавное расширение петли и равномерное перемещение ее по петлителю. При этом ширина петли должна быть достаточной для входа в нее носика со следующей петлей. Хвостовик должен иметь наклонную плоскость Q, переводящую внутреннюю ветвь петли на переднюю сторону петлителя; тыльная часть EF носика петлителя должна удерживать петлю до захвата носиком следующей петли. Длина стежков, толщина сшиваемого материала и положение предыдущего отверстия прокола могут изменяться. Кроме того, расположение петлителя относительно иглы и игольной пластины влияет на направление и величину возможного перемещения материала. Синтез механизма петлителей выполняется по кинематическим и динамическим условиям.

Синтез и расчет механизмов продвижения материала можно проводить по методике для машин челночного стежка.

Стачивающие швейные машины двухниточного и многониточного цепного стежка (тип 401). Последовательное проведение петли (петель) верхней нитки (ниток) через материал в петлю (петли) верхней нитки (ниток) под материалом может быть осуществлено различными способами, например с помощью верхней и нижней игл. Изменяя соотношение натяжения петель верхней и нижней ниток в процессе образования стежков, можно менять структуру стежков, а следовательно, получать различные эксплуатационные характеристики строчки. Нижнюю нитку заправляют в петлитель, который по устройству и принципу действия аналогичен машинной игле, но обладает большей жесткостью и имеет специальную форму.

Образование петли-напуска игольной нитки в вертикальной плоскости происходит главным образом вследствие сил трения нитки о материал и иглу, сил упругости нитки и сил инерции. Петля нитки петлителя формируется в горизонтальной плоскости вне материала. Петлитель охватывает только петля игольной нитки, поэтому формирование петли нитки петлителя обусловлено формой и характером

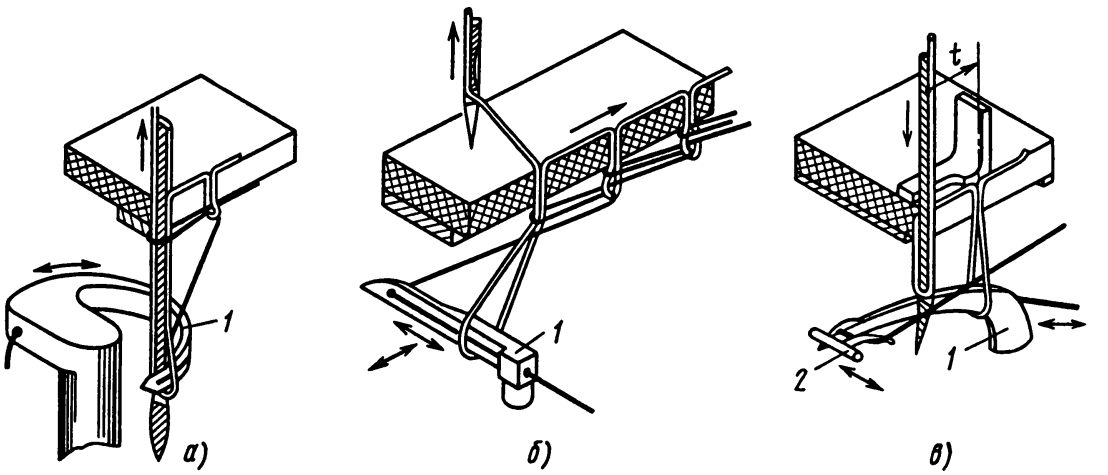


Рис. 4.3.26. Схема взаимодействия рабочих инструментов при образовании цепных строчек

движения петлителя, а также созданием определенного натяжения нитки. Петлитель должен управлять положеиием охватывающей его петли игольной нитки, исключая ее захват иглой посредством профилирования нижней кромки петлителя. Это может быть реализовано несколькими способами с помощью различных рабочих инструментов.В промышленности нашли распространение три способа формирования петли нижней нитки с помощью петлителя *1*, совершающего:

поворотные перемещения вокруг вертикальной оси (рис. 4.3.26, *а*);

сложное пространственное движение, складывающееся из поворотных (качательных) перемещений вокруг горизонтальной оси в плоскости, перпендикулярной к направлению перемещения материала, и перемещений вдоль строчки (рис. 4.3.26, *б*);

только поворотные движения вокруг горизонтальной оси в плоскости, параллельной продвижению материала, а также ширителя *2*, совершающего поступательное движение поперек строчки. Ширитель отводит петлю нитки петлителя и удерживает ее в положении, обеспечивающем попадание в нее иглы с петлей верхней нитки. Такой способ позволяет получать многолинейные параллельные строчки, а игла совершает качательное движение вдоль строчки, например, для уменьшения посадки шва (рис. 4.3.26, *в*).

При образовании двухниточных цепных стежков следует управлять перемещениями как игольной нитки, так и нитки петлителя. При этом цикл формирования стежка продолжается в течение трех оборотов главного вала, и окончательная затяжка стежка происходит в период третьего прокола иглой материала. Нитки, огибая ряд последовательно расположенных контуров, взаимодействуют друг с другом, с сшиваемым материалом и рабочими инструментами. В этих условиях значительную роль приобретает проектирование графиков необходимой подачи ниток иглы и петлителя.

Необходимую подачу нитки иглы можно охарактеризовать функцией (рис. 4.3.27)

$$\Pi(\varphi) = \Pi^{I} + \Pi^{II} + \Pi^{III} - \zeta_{т} - \xi_{т},$$

где Π^{I} - изменение периметра петли $MEKN$ на участке $0 \le \varphi \le 2\pi$; Π^{II} и Π^{III} - периметры петель M_1M и M_2M; $\zeta_{т}$ - перемещение нитки иглы относительно тормозка; $\xi_{т}$ - удлинение нитки на участке тормозок - точка M_2.

Составляющие функции $\Pi(\varphi)$ определяются в характерных точках φ_i на основании процесса образования стежка. Рассмотрим их определение применительно к процессу с петлителем, совершающим сложное движение. Игла, двигаясь сверху вниз, проводит петлю игольной нитки через материал в петлю нитки петлителя, который в этот момент находится перед иглой и движется слева направо поперек строчки. При движении петлителя вправо предыдущая петля M_1M игольной нитки перемещается к носику петлителя и сбрасывается, будучи закрепленной петлей нитки петлителя, надетой на иглу.

При движении вниз игла сокращает сброшенную петлю (M_1M); происходит предварительное затягивание стежка, что исключает возможность повторного захвата петли петлителем при его движении влево. Петлитель смещается вдоль строчки и занимает исходное положение. Дальнейшее затягивание этой петли происходит при движении иглы вверх, так как продвижение материала и перемещение петлителя вдоль линии строчки происходят в противоположные стороны. Нитеподатчик перемещает через тормозок игольную нитку, израсходованную на стежок.

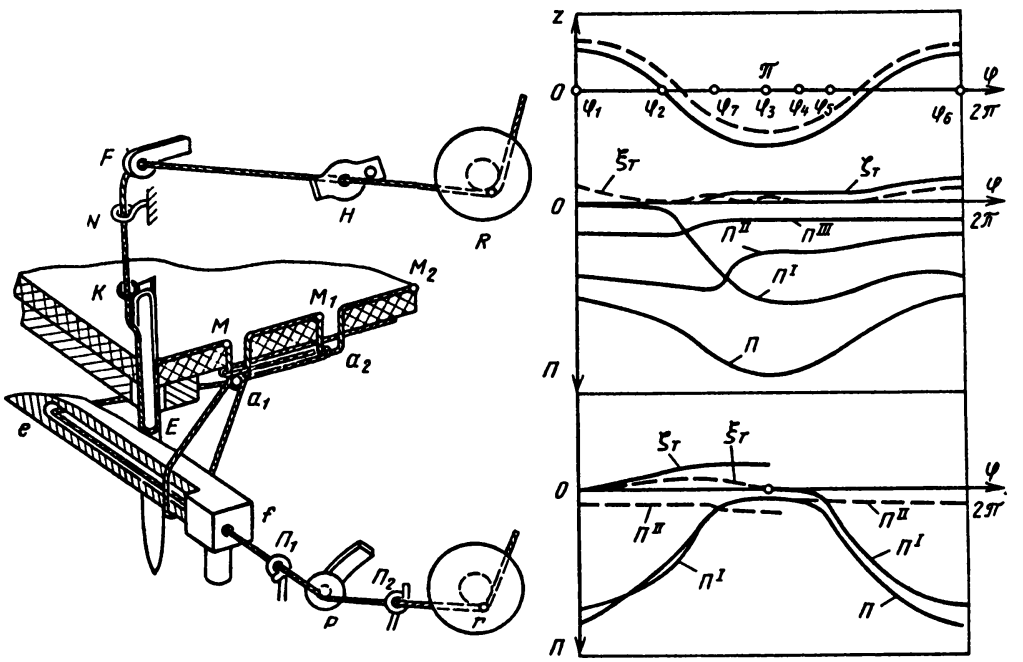


Рис. 4.3.27. Схема для построения графиков и графики необходимых подач игольной нитки и нитки петлителя и их составляющие

Окончательная затяжка стежка происходит в момент продвижения новой петли игольной нитки через материал в петлю нитки петлителя посредством формы тела петлителя при его движении вправо: с одной стороны охватывающая его петля игольной нитки находится справа от иглы, а с другой - нитка самого петлителя остается слева от иглы.

Величина необходимой подачи игольной нитки должна обеспечить надежный захват петли-напуска петлителем, а также по возможности меньшее натяжение нитки при затяжке стежков в требуемую структуру переплетений. Эти условия выполняются, если при образовании петли-напуска подача нитки изменяется незначительно, а при проведении петли игольной нитки через материал она не перемещается относительно ушка иглы, а сила трения нитки об иглу способствует затяжке стежков.

С учетом изложенного величину составляющих $П^I$ можно определить, воспользовавшись приведенными выше уравнениями для однониточной цепной строчки:

$$П_2^{II} = П_1^{II} + L_2 - L_1;\ П_7^{II} = П_2^{II} - L_7 - L_2;$$

$$П_3^{II} = П_7^{II} + k\left(z_{и_3} - z_{и_7}\right);\ П_6^{II} \geq t + 2h;$$

$$П_1^{III} = П_6^{II};\ П_6^{III} = П_7^{III} = l_{max};\ \zeta_6 = l_{max},$$

где l_{max} - наибольший расход игольной нити на стежок; L_l - периметр петли, охватывающей петлитель при φ_l; k - коэффициент, учитывающий перемещение нитки в ушке иглы; при отсутствии перемещения нитки в ушке иглы $k = 1$; при отсутствии перемещения со стороны длинного желобка относительно материала $k = 2$; при перемещении в сторону нитеподатчика $k > 2$.

Необходимую подачу нитки петлителя, которая определяется функцией $\Delta П(\varphi)$, следует рассчитывать с учетом особенностей ее взаимодействия с игольной ниткой, натяжения ниток и требуемой структуры их переплетения. При входе иглы в петлю нитки петлителя подача нитки должна соответствовать наименьшей длине стежка, а в момент, когда игла находится в крайнем верхнем положении, - наибольшей.

Изменение параметров петель $П(\varphi)$ нижней нитки предпочтительнее рассмотреть с момента φ_3, когда петлитель находится в крайнем правом положении. В этом случае функцию $П(\varphi)$, определяющую необходимую подачу нитки петлителя, можно представить в виде четырех слагаемых:

$$П(\varphi) = П^I + П^{II} - \zeta_т - \xi_т,$$

где $П^I$ - изменение периметра петли; $П^{II}$ - периметр петли; $\zeta_т$ - перемещение нитки петлителя относительно тормозка; $\xi_т$ - удлинение нитки петлителя на участке тормозок - строчка.

Величины этих составляющих можно приближенно принять:

$$П_3^I = 0;\ П_6^I \le 2S;\ П_1^I = П_6^I;\ П_3^I = 2t;$$
$$П_7^{II} \le 3t.$$

Согласно графикам функции $П(\varphi)$ могут быть получены при использовании в качестве нитеподатчика игловодителя или шатуна механизма иглы. Для воспроизведения подачи нитки петлителя обычно применяют дисковый нитеподатчик, закрепленный на валу петлителя, или коромысловый для машин с петлителями, движущимися вдоль строчки.

Расчет необходимой подачи ниток и синтез нитеподатчиков других машин цепного стежка выполняются во многом аналогично изложенному. Синтез механизмов петлителей двухниточных машин проводится по трем положениям петлителей и игл, соответствующим моменту входа иглы в петлю нитки петлителя, крайнему нижнему положению иглы и моменту входа петлителя в петлю-напуск.

Звенья механизма петлителей и ширителей рассчитывают на долговечность и прочность при случайных нагрузках.

Обметывающие машины. Принцип образования обметочных стежков заключается в том, что каждая последующая петля одной или более групп ниток проводится в предыдущую петлю, где петли одной группы ниток (игольных) проводятся через материал, а петли другой (или той же) группы переносятся вокруг края материала и в них входят петли первой группы.

Одно-, двух- и трехниточные, а также многолинейные обметочные стежки относятся к классу 500. Швейные машины с обметочными стежками применяют в качестве универсальных в трикотажной промышленности и специальных - в швейной, обувной и др. Машины двухниточного стежка чаще всего используют в швейном производстве для обметки края сыпучих материалов. Машины трехниточного стежка являются основными в трикотажном производстве.

По конструктивным признакам швейно-обметочные машины могут быть разделены на группы:

1) по числу игл: 1.1 - одноигольные; 1.2 - двухигольные; 1.3 - трехигольные;

2) по типу игл: 2.1 - с прямой иглой; 2.2 - с дугообразной иглой;

3) по характеру движения петлителей и ширителей: 3.1 - с пространственной траекторией ширителя; 3.2 - с прямолинейной траекторией одного из петлителей; 3.3 - с дугообразной траекторией движения носиков обоих петлителей; 3.4 - с траекторией в виде шатунной кривой;

4) по типу механизма продвижения: 4.1 - с одной рейкой; 4.2 - с дополнительной рейкой; 4.3 - с транспортирующими роликами.

Типовая швейно-обметочная машина имеет механизмы иглы, нижнего и верхнего петлителей, подачи ниток, материала и ножей.

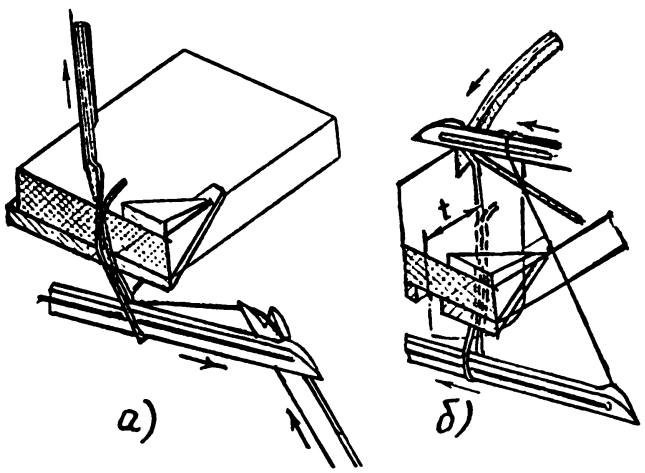


Рис. 4.3.28. Схемы образования обметочных строчек

Игла непосредственно взаимодействует с верхним и нижним петлителями, что соответственно определяет ее траекторию и ход над игольной пластиной и под ней (рис. 4.3.28). Нижний петлитель захватывает петлю-напуск игольной нитки, формирует свою петлю на линии движения верхнего петлителя (рис. 4.3.28, *а*). Верхний петлитель захватывает петлю нижней нитки, выносит петлю на верх материала и формирует ее на линии движения иглы (рис. 4.3.28, *б*).

Подача материала происходит в тот момент, когда игла находится вне материала, а ножи для обрезки ткани срабатывают при неподвижном материале, т.е. в момент, когда игла находится в материале. Ход подвижного ножа определяется толщиной материала, глубиной входа его в игольную пластину (неподвижный нож) и выходом над материалом. Затягивание стежков происходит совместным действием иглы, петлителей и нитеподатчиками.

Последовательность проектирования механизмов. На основании анализа процесса образования швейно-обметочного стежка и выбора рабочих инструментов строится циклограмма работы машины (рис. 4.3.29): $S(\varphi)$ - перемещения острия иглы относительно игольной пластины; $L(\varphi)$ - горизонтального перемещения носика нижнего петлителя относительно оси движения иглы; $H(\varphi)$ - горизонтального перемещения носика верхнего петлителя относительно оси движения; $Z(\varphi)$ и $Y(\varphi)$ - соответственно вертикального перемещения рейки и ножа относительно игольной пластины представлены сплошными линиями, а их ушков - штриховыми линиями. Точки их соответствуют: *1* и *5* - крайним верхнему и нижнему положениям иглы; *2* - заколу иглой нитки петлителя над игольной пластиной; *3* - *3'* - входу острия и ушка иглы в материал; *4* - сбросу нижним петлителем петли игольной нитки; *6* - захвату нижним петлителем петли-напуска игольной нитки; *7* - выходу иглы из материала; *8* - захвату верхним петлителем нитки нижнего петлителя.

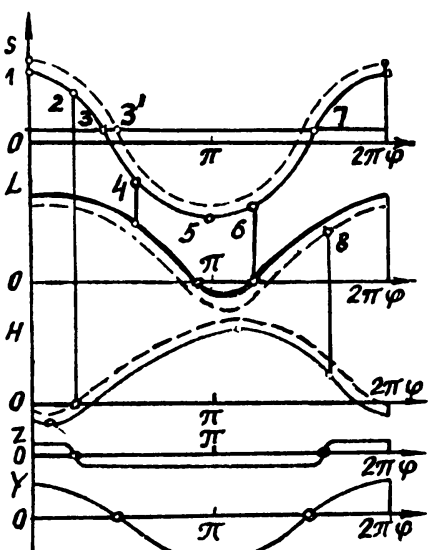


Рис. 4.3.29. Циклограмма швейно-обметочной машины в виде графиков движения

Проектирование начинают с рабочего инструмента, имеющего наибольшее число взаимодействий с другими инструментами, - механизма иглы, которому в первую очередь необходимо обеспечить требуемый ход игловодителя. Затем проектируют механизм нижнего петлителя по заданному перемещению его лезвия. При проектировании верхнего петлителя задается угол размаха ведомого звена или участок шатунной кривой. После проектирования петлеобразующих механизмов проектируют механизм подачи материала по минимальной и максимальной длине стежков, механизм подачи ниток и механизм ножей, который должен обеспечить необходимый ход ножа.

Твердость лезвия иглы обычно 54 + 60 $HRC_э$, а твердость колбы не менее 25 $HRC_э$. Диаметр лезвия швейно-обметочных игл обычно до 1,3 мм. Стрела прогиба не должна превышать 0,2 диаметра лезвия, биение острия иглы относительно колбы - не более 0,1 диаметра лезвия, радиус закругления острия иглы - не более 0,05 мм.

Для трикотажных материалов номер иглы выбирают из условия, чтобы площадь сечения иглы $S_и$ была меньше площади растянутой петли трикотажного полотна, в которую входит игла.

По диаметру поперечного сечения $D_1 = \sqrt{\frac{4S_и}{\pi}} = 1{,}128\sqrt{S_и}$ подбирается ближайший номер иглы.

Прочность иглы определяется напряжениями, возникающими в наиболее ослабленном сечении (обычно в выемке над ушком иглы). Если считать, что равнодействующая сопротивления материала проколу действует на иглу по ее геометрической оси, а центр тяжести ослабленного сечения смещен относительно этой оси на величину e, то игла подвергается внецентренному сжатию и напряжение в этом сечении под действием силы P

$$\sigma = \frac{P}{F_0} + \frac{P_e}{W_0},$$

где F_0 и W_0 - соответственно площадь и момент сопротивления ослабленного сечения.

Наличие эксцентриситета e приводит к изгибу стержня иглы. Прогиб конца иглы при силе P

$$f = -e\frac{1-\cos\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{P}{P_{кр}}}\right)}{\cos\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{P}{P_{кр}}}\right)},$$

где $P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ_0}{4l_л^2}$ - критическая сила; E - модуль упругости первого рода для материала иглы; J_0 - момент инерции наиболее ослабленного поперечного сечения; $l_л$ - длина лезвия иглы.

Основные типы механизмов игл содержат либо плоские рычажные механизмы, либо механизмы, в структуру которых входят пространственные четырехзвенники.

Основными условиями синтеза плоских механизмов игл являются: кинематические - ход иглы или угол качания иглы и угол поворота ведущего вала машины за один цикл работы; динамические - допускаемое изменение углов передачи или условие минимизации модуля - максимума ускорения игловодителя; конструктивные - общая компоновка механизмов и условия проворачиваемости звеньев.

Для получения механизма с наименьшим модулем - максимумом ускорения ведомого звена - требуется уменьшение λ (отношения длины кривошипа к длине шатуна). Но это приводит к росту габаритных размеров механизма, поэтому практически в швейных машинах не применяются механизмы с $0{,}6 < \lambda < 0{,}3$. Увеличение λ приводит к снижению габаритных размеров механизма, но ухудшает условия передачи сил, которые характеризуются обычно углом передачи γ. Уменьшение γ увеличивает давление в кинематической паре ползун - направляющая, а следовательно, износ элементов этой пары. Рекомендуемый допускаемый угол передачи для поступательных кинематических пар $45° \le \gamma \le 55°$.

Пространственные механизмы иглы обычно синтезируются по крайним положениям ведомого звена и положению оси вращения кривошипа, а при необходимости и по отношению углов поворота кривошипа при прямом и обратном ходах иглы с учетом допустимого изменения углов передачи. Синтез этих механизмов достаточно полно и подробно изложен в различных источниках.

Использование блочно-модульного и иерархического подходов к проектированию, при котором происходит предварительное изучение отдельных элементов, групп и классов механизмов, позволяет составить универсальные математические модели расчета. На основании этих моделей составляют программы для ЭВМ. Задачей пользователя в этом случае является формирование основной программы (организация ввода - вывода входных и выходных параметров, последовательности обращений к модулям и блокам). Модули содержат подпрограммы расчета отдельных структурных групп механизмов, а блоки - исполнительные механизмы швейной машины.

Проектирование и расчет механизмов петлителей. В образовании обметочных стежков (класс 500) в зависимости от типа стежка принимают участие одна или несколько игл и один или несколько петлителей. Петлители могут совершать поступательное и качательное движение, а также плоское и пространственное движение по шатунным кривым.

Форма и размеры петлителей устанавливаются с учетом особенностей их взаимодействия с другими инструментами.

На рис. 4.3.30 показаны возможные траектории петлителей с вертикально движущейся иглой (линия I -I). Линия II - II характеризует траекторию петлителя машины с одним петлителем, линии III - III и IV - IV - с двумя петлителями (III - III - нижним, а IV - IV - верхним). Величины δ и h определяют соответственно толщину материала и ширину строчки.

Положение петлителя определяется положением его носика и оси одной из кинематических пар звена, на котором он расположен. Положение точки A при проектировании желательно выбирать ближе к игольной пластине с учетом ограничений, накладываемых конструкцией механизмов рейки и ножей.

Механизмы с прямолинейной траекторией одного из петлителей не нашли своего

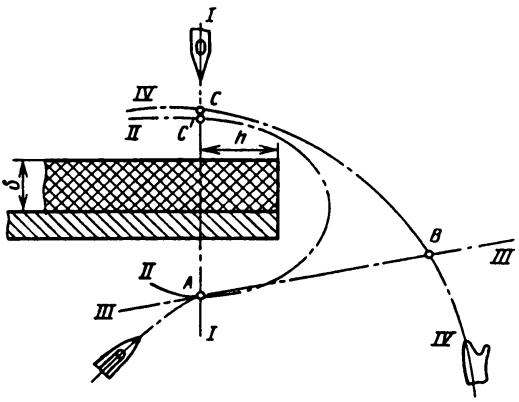


Рис. 4.3.30. Траектории движения петлителей

применения в высокоскоростных машинах ввиду более длинных рабочих участков *AB* и *BC* или усложнения конструкции. Механизмы с дугообразной траекторией движения носиков обоих петлителей достаточно просты, но при изменении толщины материала и ширины строчки требуют значительного увеличения размаха колебаний петлителей, так как точки *B* и *C* удаляются от материала.

Механизмы с траекторией движения носика петлителя по шатунной кривой позволяют расположить точки *B* и *C* ближе к материалу и тем самым уменьшить рабочие участки *AB* и *BC*, а при переходе на материал другой толщины и другой ширины строчки перестройку машины свести к несложной регулировке.

Рассмотренные механизмы, применяемые в высокоскоростных машинах, в основном шарнирно-стержневые, в структурную схему которых входят пространственные четырехзвенники. Анализ и синтез этих механизмов выполняется с использованием вычислительных модулей методами оптимизации.

4.3.4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МАШИНЫ

Одним из признаков классификации швейных машин является степень их автоматизации, по которой все машины делятся на неавтоматизированные и автоматизированные. Автоматизированные швейные машины предполагают наличие дополнительных механизмов или устройств, обеспечивающих выполнение тех или иных технологических приемов в процессе обработки деталей без участия оператора. В зависимости от степени автоматизации выполнения операции машины можно разделить на три группы:

с автоматизацией выполнения вспомогательных приемов (останов машины с заданным положением иглы, подъем и опускание лапки, обрезка ниток и т.д.), т.е. оснащенные автоматизированным приводом;

с автоматизацией выполнения основного технологического процесса (закрепка, строчка сложного контура без вмешательства оператора в процессе шитья и др.), 820 кл.;

швейные автоматы (весь процесс от подачи объекта обработки до его съема и складирования после окончания операции выполняется в автоматическом цикле) 427 кл. и др.

По технологическому признаку автоматизированные машины можно разделить на пять основных групп, при этом степень их автоматизации в каждой из групп может быть различной:

пуговичные полуавтоматы (1095 кл., 827 кл. и др.);

петельные полуавтоматы (25-А кл., 525 кл. и др.);

короткошовные (820 кл. и др.) и закрепочные (220-М кл. и др.) полуавтоматы;

полуавтоматы для выполнения строчек по контуру (609 кл. и др.);

прочие полуавтоматы.

Пуговичные полуавтоматы. Разнообразие форм и размеров пуговиц, используемых на различных швейных изделиях, определяет большое количество классов пуговичных полуавтоматов. По степени их автоматизации можно выделить три группы: 1 - с автоматическим пришиванием пуговиц (подача швейной заготовки и пуговицы осуществляется вручную); 2 - с автоматической подачей и пришиванием пуговиц (оператор проводит только установку заготовки под рабочие органы машины); 3 - пуговичные автоматы (весь процесс от закладки до съема заготовки с пришитыми пуговицами происходит без участия оператора).

Отечественные пуговичные полуавтоматы в основном относятся к 1-й и 2-й группам. Пришивание пуговиц к швейным изделиям может осуществляться однониточными цепными стежками типа 101 (полуавтоматы, созданные на базе машины 1095 кл., полуавтомат 59-А кл.) или двухниточными челночными типа 301 (полуавтоматы на базе 927 кл.).

Механизмы останова автоматизированных машин. Среди механизмов останова наибольшее распространение получили механизмы кулачкового типа, которыми оснащены пуговичные, закрепочные и другие швейные полуавтоматы с жесткой программой выполнения операции.

Работает механизм следующим образом (рис. 4.3.31). Перед последним оборотом ведущего вала *1* защелка *12* освобождает рамку

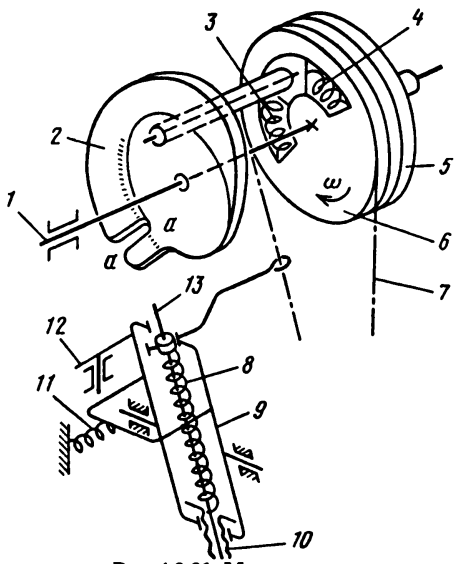


Рис. 4.3.31. Механизм останова автоматизированной машины

9, которая с помощью пружины *11* переводит ремень *7* с рабочего шкива 6 на холостой шкив *5* и одновременно подводит стопорный стержень *13* к кулачку *2*. Кулачок, соединенный через буферные пружины *3* и *4* со шкивом *6*, при вращении опускает стержень *13*, сжимая пружины *8* и *3*. В результате скорость ведущего вала уменьшается. При подходе углубления кулачка к стержню *13* последний заскакивает в углубление под действием пружины *8* и останавливает кулачок, но ведущий вал по инерции продолжает поворачиваться и дополнительно сжимает пружину *3*. После снижения скорости вала до нуля пружина *3* поворачивает его в обратную сторону, что приводит к сжатию пружины *4*, а затем к колебаниям вала. Изменяя предварительное сжатие пружины *8* гайкой *10*, можно добиться поворота кулачка до совпадения его углубления со стопорным стержнем и уменьшить амплитуду колебаний вала.

В процессе остановки машины ее кинетическая энергия E расходуется на работу A_1 по преодолению сил сопротивления, работу A_2 сжатия пружины *8* стопорного стержня, работу A_3 деформации буферных пружин *3* и *4* и работу A_4 пластической деформации деталей механизма останова. Если пренебречь A_4, то

$$E = A_1 + A_2 + A_3.$$

Работу A_1 можно представить функцией приведенного к ведущему валу момента сил сопротивления M и угла поворота этого вала φ_0 до остановки кулачка:

$$A_1 = \int_0^{\varphi_0} M d\varphi = M_{cp}\varphi_0,$$

где M_{cp} - среднее значение момента M.

Работа A_2 зависит от параметров пружины *8* и кулачка:

$$A_2 = \int_{r_0}^{r_{max}} \left(P_{08} - \frac{y}{\delta_8}\right) dy = \left[P_{08}(r_{max} - r_0) + \frac{1}{2\delta_8}(r_{max} - r_0)^2\right],$$

где P_{08} - сила предварительного сжатия пружины *8*; r_{max} и r_0 - соответственно наибольший и начальный радиусы кулачка; δ_8 - податливость пружины *8*; y - перемещение стопорного стержня.

Работа A_3 зависит от изменений кинетической энергии машины и момента сопротивления вращению ее ведущего вала:

$$A_3 = \frac{J_{пр}}{2}\left(\omega_0^2 - \omega_{min}^2\right) + \varphi_0(M_0 - M_{min}),$$

где $J_{пр}$ - момент инерции подвижных звеньев машины, приведенный к ведущему валу; ω_0, ω_{min} - соответственно наибольшая и наименьшая угловые скорости ведущего вала в начале остановки; M_0, M_{min} - наибольший и наименьший момент сопротивления движению в начале остановки.

Работа A_3 затрачивается на деформацию буферных пружин *3* и *4*, определяемую их осадкой λ, из условия

$$A_3 = \left(P_{03}\lambda + \frac{\lambda^2}{2\delta_3}\right) - \left(P_{03}\lambda + \frac{\lambda^2}{2\delta_4}\right) = \frac{(\delta_3 + \delta_4)\lambda^2}{2\delta_3\delta_4},$$

где P_{03} - сила предварительного сжатия пружин; δ_3 и δ_4 - их податливость.

Колебания ведущего вала машины после остановки кулачка являются затухающими и продолжаются в течение времени

$$t \approx \frac{\pi}{2RM_c}\sqrt{\frac{J_{пр}\delta_3\delta_4}{\delta_3\delta_4}}\left[\sqrt{M_{cp}^2 + \frac{2A_3'R^2(\delta_3 + \delta_4)}{\delta_3\delta_4}} - M_{cp} + \frac{\Delta\varphi(\delta_3 + \delta_4)R^2}{\delta_3\delta_4}\right],$$

где $A_3' = \frac{R^2(\delta_3 + \delta_4)}{2\delta_3\delta_4}\varphi_{max}^2 + M_{cp}\varphi_{max}$; R - радиус паза буферных пружин; $\Delta\varphi$ - угол смещения кулачка относительно вала в начале остановки; φ_{max} - допускаемый угол смещения кулачка относительно ведущего вала (устанавливается на основе анализа циклограммы работы машины и диаграммы подачи нити).

Во избежание жестких ударов рекомендуется предварительную затяжку буферных пружин принимать $P_{03} \geq \frac{1}{\delta_3}R\varphi_{max}$.

При синтезе профиля кулачка предполагают, что торможение ведущего вала осуществляется с постоянным угловым ускорением ε, обеспечивающим наименьшие инерционные нагрузки, а его угловая скорость в начальный момент имеет величину ω_0 и снижается до величины ω_{cp}, кулачок при которой неподвижен.

Уравнение движения вала машины при торможении будет иметь вид

$$J_{\text{пр}}\varepsilon = M_{\text{ср}} + \frac{\rho}{\text{tg}\alpha}\left(P_{08} + \frac{\rho - r_0}{\delta_8}\right),$$

где $\varepsilon = \dfrac{\omega_0 - \omega_{\text{ср}}}{2\varphi_0}$; $\omega_{\text{с}} = \sqrt{\dfrac{2A_3}{J_{\text{пр}}}}$; $\text{tg}\alpha = \rho\dfrac{d\varphi_{\text{к}}}{d\rho}$;

$J_{\text{пр}}$ - момент инерции движущихся частей машины, приведенный к валу; ρ - текущее значение радиуса кулачка; $\varphi_{\text{к}}$ - угол поворота кулачка; α - угол наклона касательной к профилю кулачка в точке его контакта со стопорным стержнем.

С учетом зависимости $\text{tg}\alpha = \rho\dfrac{d\varphi}{d\rho}$ уравнение движения можно преобразовать к виду

$$\left(J_{\text{пр}}\varepsilon - M_{\text{ср}}\right)d\varphi_{\text{к}} = \left[P_{08} + \frac{1}{\delta_8}\left(\rho - r_0\right)\right]d\rho.$$

После интегрирования его находим

$$\left(J_{\text{пр}}\varepsilon - M_{\text{ср}}\right)\varphi_{\text{к}} = P_{08}\,\rho + \frac{\rho^2}{2\delta_8} - \frac{r_0\rho}{\delta_8} + c.$$

При начальных условиях $\varphi_{\text{к}} = 0$ и $\rho = r_0$, поэтому

$$c = \frac{r^2}{2\delta_8} - P_{08}r_0.$$

Решив полученное уравнение относительно $\Delta\rho = \rho - r_0$, находим

$$\Delta\rho = P_{08}\delta_8 + \sqrt{\left(P_{08}\delta_8\right)^2 + 2\delta_8\left(J_{\text{пр}}\varepsilon - M_{\text{ср}}\right)\varphi_{\text{к}}}.$$

Из полученного уравнения следует, что профиль кулачка определяется параметрами стопорной пружины, приведенными к ведущему валу, моментами сил инерции и сопротивления и не зависит от буферных пружин.

Глава 4.4

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЛАЖНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

4.4.1. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ, КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Влажно-тепловая обработка в швейном производстве применяется для придания деталям, полуфабрикатам (внутрипроцессная) или изделиям (отделочная) определенной формы и внешнего вида. К внутрипроцессной обработке можно отнести операции по приданию деталям необходимой пространственной формы, загибки краев, образования складок, разутюживания швов. При окончательной отделке изделия применяются такие операции влажно-тепловой обработки как отпаривание, снятие лас, устранение неровностей и заминов, поднятие ворса.

Процессы влажно-тепловой обработки выполняются на специальном оборудовании, в работе которого можно выделить три основные стадии: подготовка материала к формованию, формование материала, фиксация полученной формы. Текстильные волокна, в большинстве своем являющиеся полимерами и имеющие размеры по длине, значительно превышающие их размеры по толщине, при наличии влаги и воздействии температуры деформируются лучше, чем сухие и холодные, при меньшем усилии. Благодаря ослаблению действия межмолекулярных сил в волокнах увлажненного и нагретого материала облегчается процесс его деформации, т.е. изменения конфигурации цепей волокон путем их распрямления, изгиба, растяжения, сжатия. Высушенные в деформированном состоянии волокна на длительный период сохраняют полученные размеры и форму.

Основными параметрами, характеризующими влажно-тепловую обработку, являются: температура нагрева материала, влажность, давление на материал и время обработки. Все эти параметры взаимосвязаны между собой, а выбор оптимальных режимов работы оборудования, обеспечивающих требуемое качество и наиболее высокую производительность, являются первоначальной задачей при проектировании энергоемкого оборудования для влажно-тепловой обработки.

Так, выбирая температуру рабочих поверхностей инструментов машин (подушек прессов, подошв утюгов, пресс-форм и др.), следует иметь в виду, что высокополимерные материалы при воздействии на них теплоты могут находиться в трех состояниях: стеклообразном ($t_{\text{с}}$), высокоэластичном ($t_{\text{г}}$) и вязкотекучем ($t_{\text{т}}$). При этом нагрев материалов выше температуры, соответствующей высокоэластичному состоянию, при котором и проводится влажно-тепловая обработка, приводит к потере прочности и разрушению материалов без видимого изменения цвета и состояния поверхности. Теплостойкость тканей, обусловливающая способность их к обратимому изменению свойств при нагреве и последующем охлаждении, определяется теплостойкостью

волокон. Например, потеря прочности, цвета и других свойств у шерсти происходит при нагреве выше 130 °С, шелка 150 ÷ 170 °С, вискозы 120 ÷ 130 °С.

Влага в процессе влажно-тепловой обработки оказывает положительное пластифицирующее действие на стадии подготовки волокон полимеров к формованию и в период формования, но должна быть удалена на третьей стадии, так как ускоряет релаксацию. Очевидно, что параметры увлажнения во многом определяют эффективность проведения влажно-тепловой обработки, его энергоемкость (благоприятные условия для обработки материала при оптимальных затратах энергии обеспечиваются при наличии 20÷30 % влаги от массы обрабатываемого полуфабриката).

Давление на материал интенсифицирует процесс влажно-тепловой обработки на стадии формования; при этом давление определяется свойствами и конструкцией обрабатываемого объекта и видом операции. Так, для окончательной утюжки давление не должно превышать 0,02 МПа, а для фальцевания (загибки) должно быть не менее 0,15 МПа. Время воздействия рабочих инструментов машин на обрабатываемый материал определяет производительность машины, поэтому все остальные параметры должны выбираться так, чтобы при хорошем качестве обработки достигался минимальный цикл ее работы.

Основными способами выполнения влажно-тепловой обработки являются: глажение; прессование между двумя обрабатывающими поверхностями; пропаривание под давлением.

Классификация оборудования. В соответствии со способами выполнения влажно-тепловой обработки можно выделить три типа оборудования: утюги и каландры; прессы; паровоздушные манекены.

Утюги применяют чаще всего для разглаживания труднодоступных участков полуфабриката. Отечественные утюги УЭП-4, УЭП-6 и УЭП-8 имеют электрический обогрев и по основным параметрам не уступают утюгам аналогичных конструкций фирмы "Текстима", "Гоффман". Электропаровые утюги типа УПП имеют сопла для пропаривания изделия. Фирма "Гоффман" выпускает такие утюги с паровым обогревом (тип *ED*).

Утюжильный стол является опорным рабочим органом. Специальные средства, такие, как специальные и универсальные колодки, индивидуальные паронагреватели, вакуум-аппараты, обеспечивают необходимые условия труда и высокое качество глажения.

Гладильные каландры применяют для разглаживания простых изделий; для глажения и сушки белья (рис. 4.4.1). В зависимости от особенностей изделия и процесса обработки нагревается либо верхний валик *1* (рис. 4.4.1, *а*), либо прижимная плита *3* (рис. 4.4.1, *б*), либо нижний валик 2 (рис. 4.4.1, *в*). Отсос влаги проводится через нагревательный или прижимной элемент, который в этом случае выполняют перфорированным.

Гладильные прессы являются основным видом оборудования для влажно-тепловой обработки. На прессах общего назначения (универсальных), заменяя подушки, можно выполнять различные операции влажно-тепловой обработки различных изделий, а на специальных прессах - операции загибки (фальцовочные), клеевого соединения деталей и др.

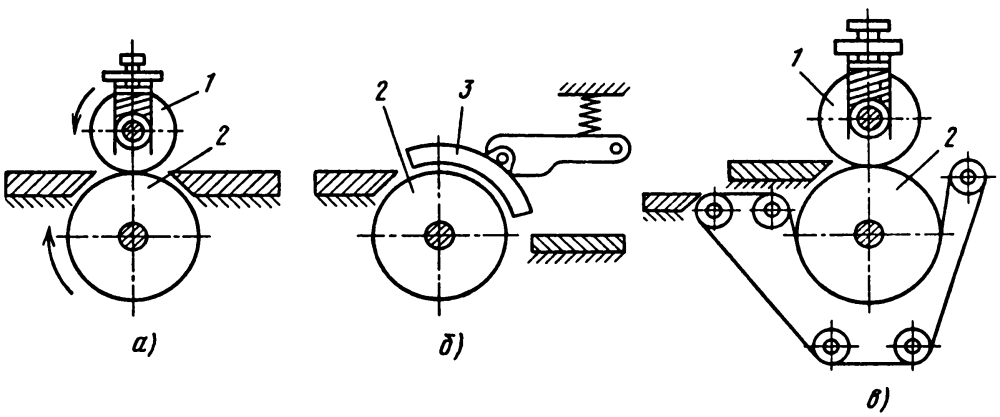


Рис. 4.4.1. Схемы гладильных каландров:
а - простейшего; *б* - с прижимной плитой; *в* - с конвейером

Прессы делят на легкие (для обработки отделочных деталей и швов) - с силой прессования до 10 кН, средние (для окончательной обработки костюмов и некоторых операций обработки пальто) - с силой прессования до 25 кН, тяжелые (до окончательной обработки пальто и др.) - с силой прессования до 50 кН и дублирующие - с силой прессования до 180 кН.

По способу нагрева рабочих органов, а также увлажнения и охлаждения изделий прессы можно разделить на электрические (водяное увлажнение), паровые и электропаровые, в которых увлажнение осуществляется паром, а охлаждение происходит в вакууме.

По типу привода прессы делят на электромеханические CS-313; пневматические и гидравлические.

Классификация прессов может быть значительно расширена по таким признакам, как способ размещения изделия, количество позиций, степень автоматизации процесса и т.д.

Паровоздушные манекены используют чаще всего для отделочной утюжки швейных изделий, т.е. для окончательной влажно-тепловой обработки изделий. Рабочими органами манекенов являются объемные оболочки, которые при надувании принимают форму изделия. Изделие надевают на манекен и обрабатывают паром и нагретым воздухом, подаваемым через оболочку с целью устранения заминов, неровностей ткани и снятия лас.

Оборудование для влажно-тепловой обработки. Совокупность элементов, из комбинации которых состоит любое конкретное устройство влажно-тепловой обработки можно представить обобщенной структурой (рис. 4.4.2).

На опорные рабочие органы укладывается изделие. К ним относятся плоскости утюжильных столов, опорные валики каландров, нижние подушки прессов, шаблоны фальцпрессов, транспортирующие ленты дублирующих прессов и др. Через эти органы может проводится воздействие на изделие паром, воздухом, давлением.

Основные и вспомогательные подушки гладильных столов изготовляют из дерева с обтяжкой сукном (рис. 4.4.3, *а*), парусиной или другими тканями, из металла с пластиковым покрытием и синтетической обтяжкой. Более сложные подушки столов с отсосом влаги, необходимым при применении утюгов с пропаривателями (рис. 4.4.3, *б*). Литой или штампованный корпус *1* подушки покрыт перфорированным листом *2*, сеткой *3*, войлоком *4*, поролоном или силиконовой резиной *5* и обтяжкой *6*. Такое покрытие обеспечивает требуемую упругость и воздухонепроницаемость подушки. Для исключения конденсации пара проводят подогрев перфорированного листа *2*. В случае, если подушка должна обогреваться, нагревательные элементы *7* располагают на нижней поверхности плиты. Конструкция опорных нижних подушек прессов аналогична либо подушкам гладильных столов, либо верхним (активным) подушкам прессов.

Активно воздействующие рабочие органы, как правило, нагревают изделие, механически деформируют его, а также увлажняют, пропаривают, продувают воздухом. Это подошвы утюгов, прижимные плиты и валики каландров, верхние подушки прессов, формующие шаблоны фальцпрессов, прессующие подушки паровоздушных манекенов и др.

П о д о ш в ы утюгов с электро- и парообогревом (гладильная плита) *1* представляют собой отливку (чаще из сплавов алюминия), в которой расположен трубчатый нагреватель (ТЭН) *2* в случае электронагрева (рис.

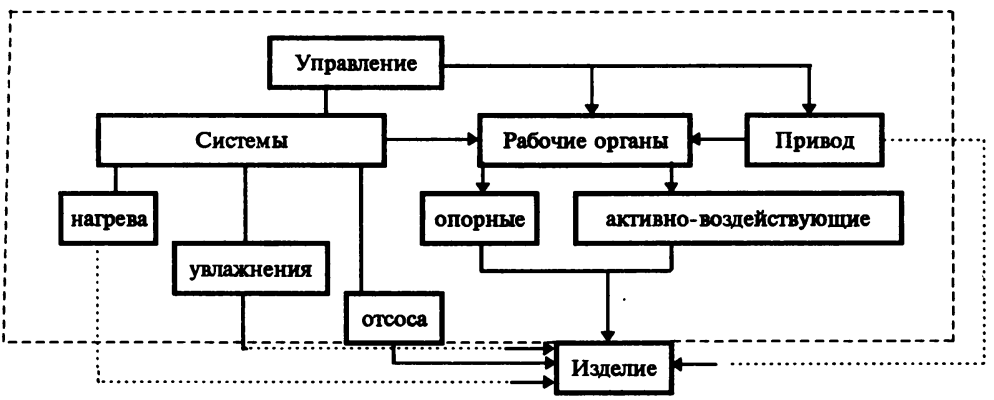


Рис. 4.4.2. Структура оборудования для влажно-тепловой обработки

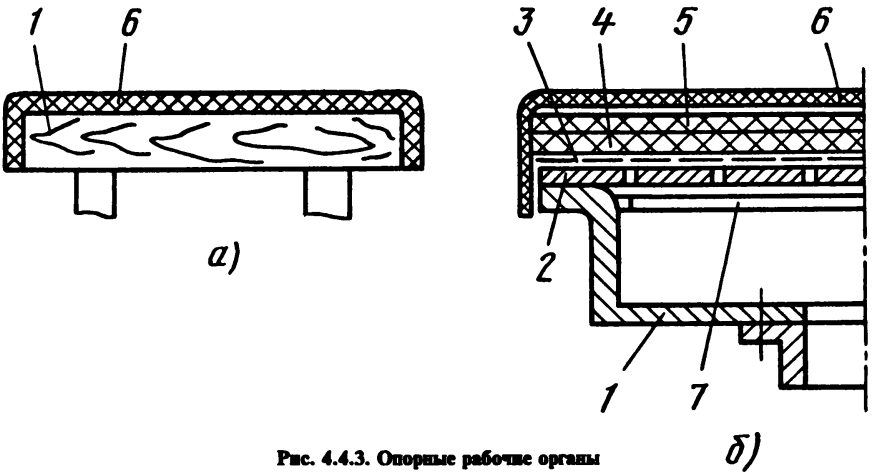


Рис. 4.4.3. Опорные рабочие органы

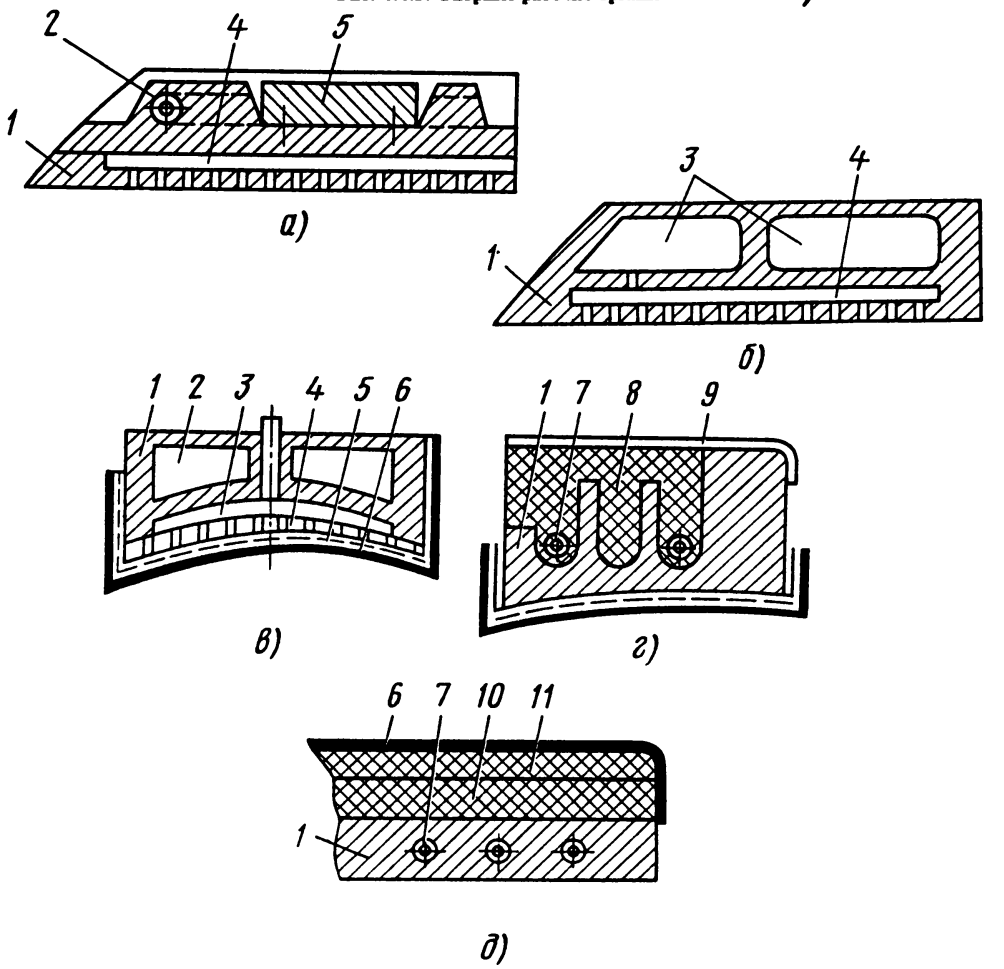


Рис. 4.4.4. Конструктивное исполнение активных рабочих органов оборудования влажно-тепловой обработки:
а, б - подошвы утюгов; *в - д* - подушки прессов

4.4.4, *а*), либо камеры *3* при нагреве паром (рис. 4.4.4, *б*). Каналы *4* служат для подвода пара к изделию. Для создания определенного давления на обрабатываемый материал на подошве предусматривают утяжелители *5* (стальные, чугунные).

Верхние подушки прессов изготовляют литыми или сварными из алюминиевого сплава. Разнообразные по форме и размерам эти подушки могут нагреваться электронагревателями, паром или комбинированным способом. В подушке *1* с паровым обогревом (рис. 4.4.4, *в*) выполнены отдельные камеры *2* для нагрева подушки и *3* для подачи пара на обрабатываемый материал, через отверстия 4 (d = 0,8 ÷ 1 мм, одно отверстие на 1 см^2). Большинство верхних подушек со стороны гладильной поверхности обтянуты полутомпаковой сеткой *5* и обтяжкой *6* из отбеленного молексина.

При электрообогреве (рис. 4.4.4, *г*) в подушке *1* так же, как и в электроутюге, размещены ТЭНы *7*. Пассивные поверхности подушек покрыты теплоизолятором *8* (минеральная вата) и кожухом *9* для снижения потерь теплоты. Гладильная поверхность имеет покрытие, аналогичное покрытию верхних подушек с парообогревом.

Нижние подушки прессов (рис. 4.4.4, *д*) чаще являются опорными рабочими органами и по конструкции во многом аналогичны верхним подушкам. Основным отличием их является амортизационное покрытие, обеспечивающее равномерное распределение давления на изделие по всей обрабатываемой поверхности, состоящее из амортизатора *10* из силиконовой резины, выравнивающего слоя *11* из ткани типа "Богатырь" и оксалоновой обтяжки *6*. В качестве амортизатора может использоваться синтетический войлок, а обтяжка выполняется из молексина.

Приводы оборудования для влажно-тепловой обработки обеспечивают механическое воздействие рабочих органов на изделие (прессование), а также перемещение изделия в процессе обработки.

Современные утюжильные установки оснащают утюжильными столами, на которых имеются устройства для компенсации силы тяжести утюга при перемещении его, а также устройства для передачи силы прессования на утюг. Так, в утюжильной установке СУ-М (рис. 4.4.5) утюг *1* перемещается относительно

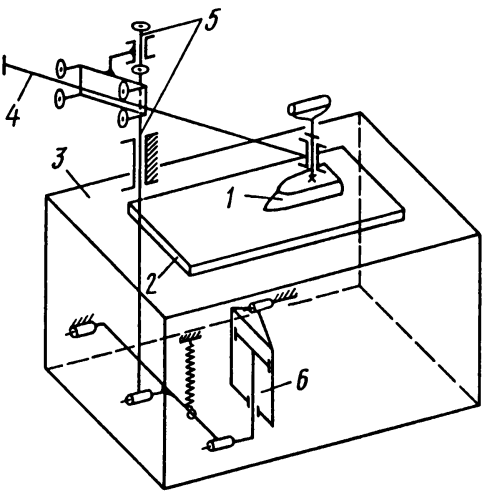


Рис. 4.4.5. Схема привода утюжильной установки СУ-М

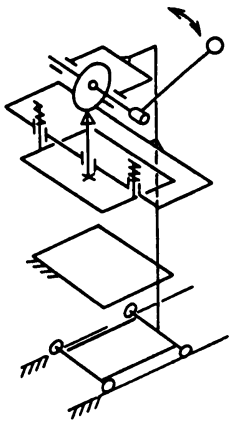
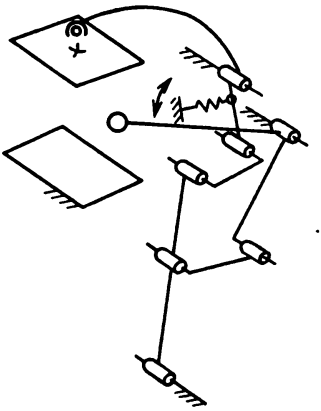
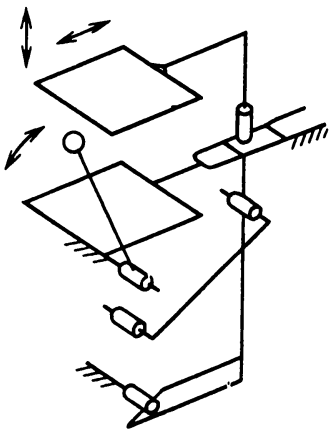
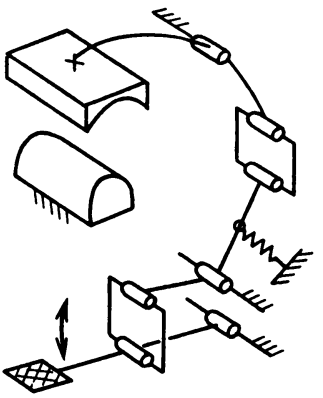
подушки *2* стола *3* вместе с направляющей *4*, которая закреплена на штоке *5* и кинематически связана с пневмоцилиндром *6*. Утюг может перемещаться в любом направлении в пределах стола, при этом давление его на обрабатываемый материал создается пневмоцилиндром *6*, управляемым оператором.

Приводы каландров достаточно просты, так как содержат устройства для передачи вращательного движения валиками и несложными шарнирно-рычажные механизмы для перемещения прижимных плит.

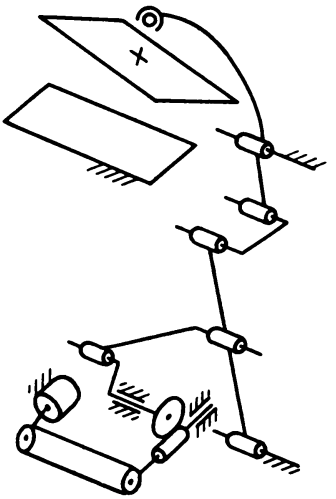
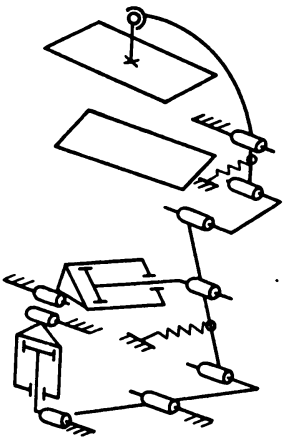
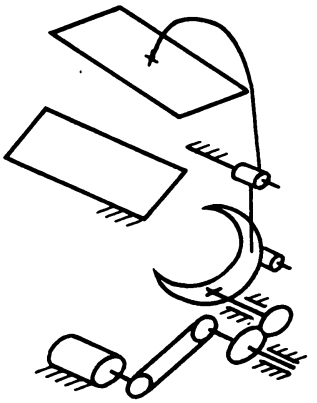
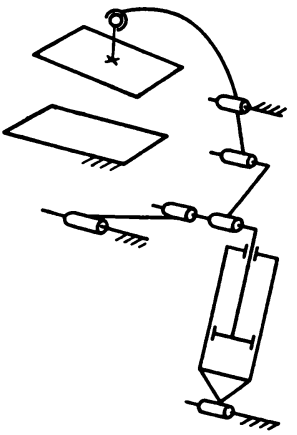
Приводы рабочих органов прессового оборудования наиболее разнообразны по способу преобразования энергии и по структуре (рис. 4.4.6).

Схемы некоторых приводов прессов приведены в табл. 4.4.1.

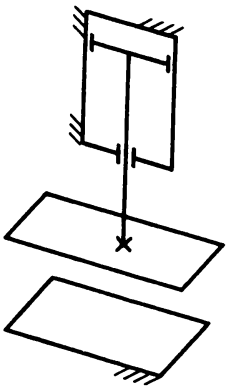
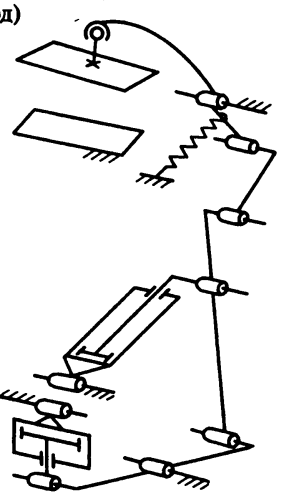
4.4.1. Типы приводов прессов

Рисунок	Тип привода	Рисунок
а) HP821 фирмы Каев (Венгрия) 	Механический от рукоятки, эксцентриковый ←	*в*) JW-31 фирмы Джуки (Япония) 
б) 7-9 МС МЗ (ЦНИИШП) 	Механический от рукоятки, кулачковый ←	*г*) SK-29 фирмы Гоффман (Германия) 
	Механический от рукоятки, шарнирно-рычажный со спрямляющимися рычагами →	
	Механический от педали, шарнирно-рычажный со спрямляющимися рычагами →	

Продолжение табл. 4.1.1

Рисунок	Тип привода	Рисунок
д) SK-313 фирмы Паннония (Венгрия) 	Электромеханический со спрямляющимися рычагами ←	*ж*) ПГУ-1 (Нижний Новгород) 
	Гидравлический со спрямляющимися рычагами →	
е) ГПКС конструкции Н. Т. Смирнова 	Электромеханический, кулачковый ←	*з*) ГП-25 (Нижний Новгород) 
	Гидравлический со спрямляющимися рычагами прямого действия (нижняя подушка) →	

Продолжение табл. 4.1.1

Рисунок	Тип привода	Рисунок
и) JMW-501 фирмы Джуки (Япония) 	Пневматический прямого действия	*к*) ППУ-1 (Нижний Новгород) 
	Пневматический со спрямляющимися рычагами	

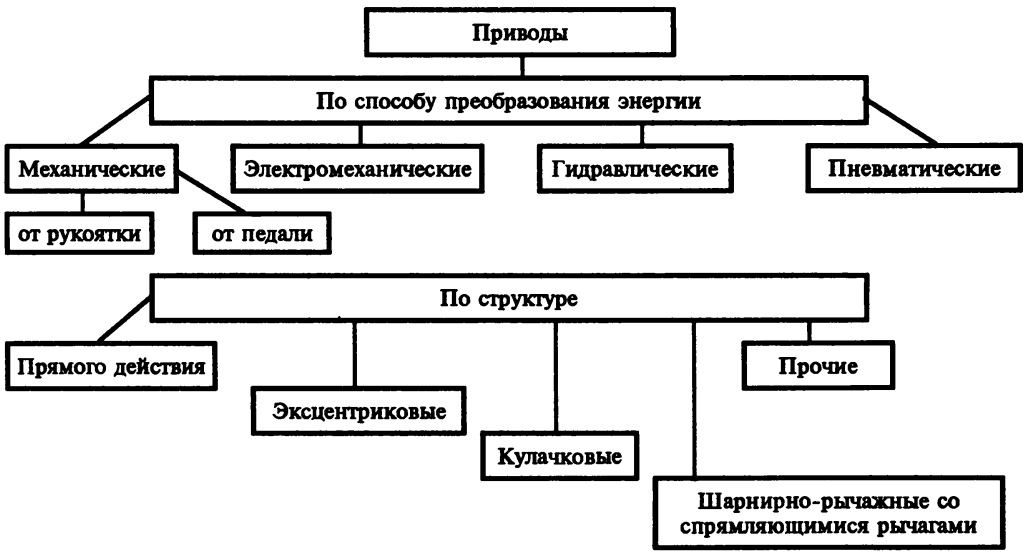


Рис. 4.4.6. Классификация приводов прессов

Широкое распространение получили двух- и трехпозиционные прессы, у которых опорная поверхность (а иногда и активная) выполняется в нескольких вариантах, что позволяет значительно повысить производительность, обеспечить выполнение нескольких операций. Приводы нижних подушек обеспечивают их замену под активной поверхностью либо перемещение полуфабриката в зону другой активной поверхности. Наиболее часто встречаются приводы, осуществляющие поступательное движение подушек (рис. 4.4.7, *а*) от пневмо- и гидроцилиндров, а также механизмы карусельного типа (рис. 4.4.7, *б - г*), поворачивающие подушки на 90, 120 и 180°.

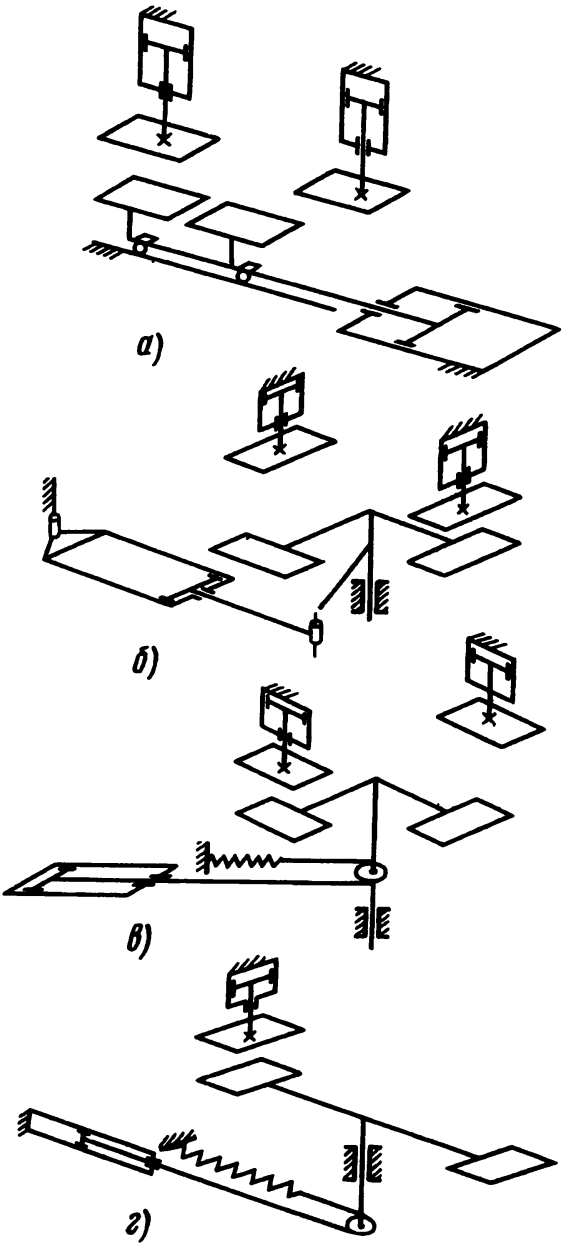


Рис. 4.4.7. Схемы приводов перемещения изделий на прессах

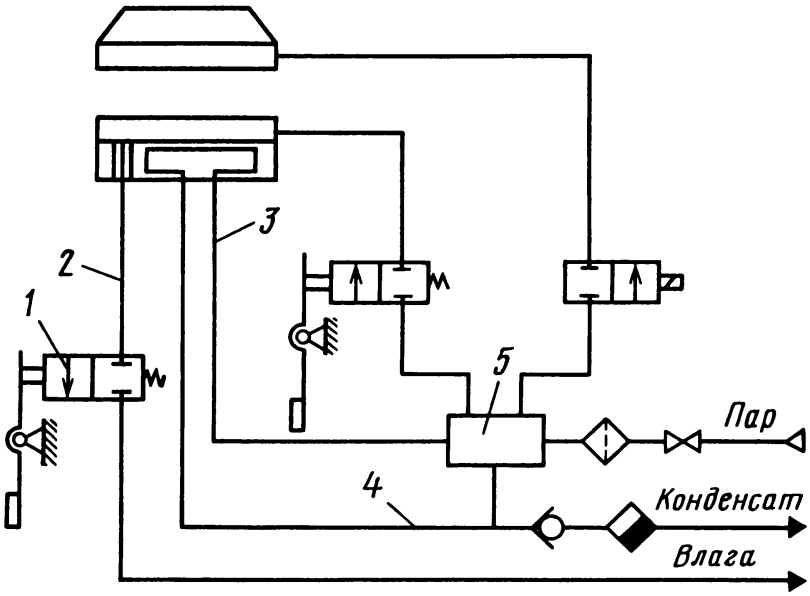


Рис. 4.4.8. Схема подачи пара, отсоса влаги и отвода конденсата

Система нагрева опорных и активных поверхностей включает помимо электронагревателей (при электронагреве), устройств для подвода пара к полости подушек (при парообогреве) терморегулирующие устройства, которые чаще всего подключены к системе управления. Эта система должна не только обеспечивать заданную температуру рабочих поверхностей оборудования, но и компенсировать потери теплоты.

Система увлажнения и отсоса пара подает пар или влагу к изделию, осуществляет вакуумный отсос пара из пор изделия и продувает изделие горячим или холодным воздухом. В типовой системе увлажнения и отсоса пара (рис. 4.4.8) удаление пара и влаги из изделия и просасывание воздуха осуществляются через клапан *1* по трубопроводу *2*, соединяющему полость пропаривания нижней подушки с централизованной вакуумной установкой. В системе парообогрева нижней подушки пар подводится от пароораспределителя *5* по трубопроводу *3*, отвод конденсата из нижней подушки и пароораспределителя осуществляется по трубопроводу *4*.

Система управления (чаще электрическая или электронно-электрическая) обеспечивает выполнение ряда операций или всего процесса влажно-тепловой обработки изделия в автоматическом режиме. Она включает контрольно-измерительную аппаратуру, регулировочные устройства и приборы, электроуправляемые

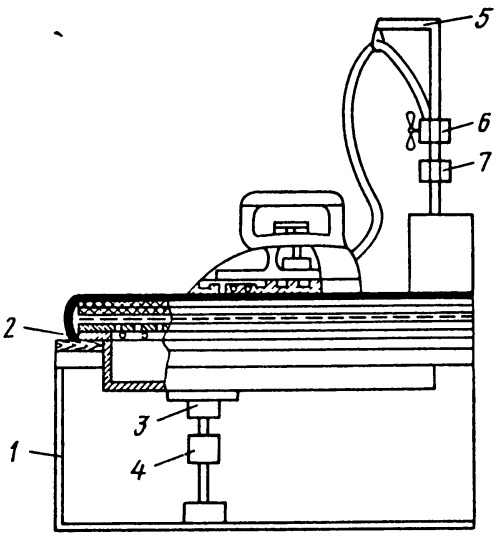


Рис. 4.4.9. Утюжильный стол СУ-8 с утюгом УТП-2ЭП

паровые и вакуумные клапаны, концевые выключатели, реле времени, элементы сигнализации, тумблеры и другие устройства, обеспечивающие работу всех элементов и систем пресса.

Особенности конструкции утюжильного стола рассмотрим для примера. Утюжильный

стол *1* СУ-В с утюгом УТП-2ЭП (рис. 4.4.9) выполнен из древесно-стружечной плиты, закрепленной на сварном из прокатанного профиля остове. Подушка *2* сварной конструкции через штуцер *3* и клапан *4* подключена к вакуумной системе (клапан управляется педалью). Стойка *5* служит для поддержания паро- и электропроводов, идущих к утюгу. Для регулировки подачи пара на стойке *5* предусмотрен вентиль *7*, вентилятор *6* создает комфортные условия работы оператора.

Конструкция прессов должна обеспечивать:

1) необходимые силы прессования при минимальной мощности привода или двигателя и минимальном расходе энергии;

2) прессование без смещения материала относительно гладильных поверхностей, что исключает появление тангенциальных напряжений в ткани, способных вызвать ее повреждение;

3) равномерное давление на весь обрабатываемый участок или всю обрабатываемую поверхность, а при местных утолщениях изменение давления в доступных пределах;

4) равномерный нагрев всей рабочей поверхности гладильных подушек;

5) высокий уровень автоматизации, позволяющий одному оператору обслуживать одновременно несколько прессов;

6) безопасность работы и минимальные физические затраты оператора.

Первое требование обеспечивается путем выбора структуры механизма пресса и типа привода к нему, позволяющих в момент прессования (вторая стадия процесса) получать большие передаточные отношения от ведущего звена к перемещающейся гладильной подушке. Такими механизмами являются кулисно-кулачковый в прессе ГПС с механическим приводом и спрямляющие рычаги в прессе 19101 с гидроприводом фирмы Текстима, в прессах CS-311 и CS-313 фирмы Паннония (Венгрия) и др.

Для уменьшения мощности привода циклограмму работы пресса выбирают (составляют) так, чтобы рабочий ход подушки (прессование), т.е. длительность перемещения при больших передаваемых силах, был в несколько раз больше, чем продолжительность опускания подушки (холостой ход). Обычно отношение этих периодов принимают равным 2 - 3. Для повышения КПД привода пресса и снижения удельного расхода энергии в конструкции предусмотрены упругие звенья, за счет деформации которых можно поддерживать заданное давление на материал при выключенном приводе. Упругими звеньями могут служить амортизационные пружины, на которые устанавливают подушки, прокладки или маты, а также пневматические амортизаторы.

Второе требование обеспечивается путем выбора структуры и размеров механизма перемещения подушки (или подушек) пресса, при которых относительное перемещение подушек в момент зажима материала будет происходить по нормали к поверхности.

Третье требование можно выполнить установкой на рабочей поверхности одной из подушек упругих прокладок и матов. Равномерность давления может быть достигнута также путем применения гидравлических или пневматических нижних подушек. Следует учесть, что одна из подушек должна быть на амортизационных пружинах, позволяющих подушке самоустанавливаться на шаровых опорах (пресс CS-311).

Четвертое требование обеспечивается сравнительно просто путем размещения паровых камер в непосредственной близости от поверхности подушек. При электрическом обогреве для достижения одинаковой температуры на рабочих поверхностях подушки нагревательные элементы располагают в подушке с учетом ее "топографии". Для выравнивания температуры применяют облицовочные пластины из металла с высокой теплопроводностью.

В современных гладильных прессах применяют различные устройства для автоматического регулирования режимов обработки: времени, температуры, давления, влажности. Для этой цели используют реле времени, терморегуляторы, реле давления, дозаторы увлажнения и др.

В гладильных прессах ППУ и ПГУ (завода "Легмаш"), CS-311, CS-351-2, CS-371 КМ фирмы Паннония (Венгрия), в некоторых прессах фирмы Гоффман (Германия) после укладывания изделия на нижнюю подушку и включения пресса все операции осуществляются автоматически по заданной программе. В прессах ППУ и ПГУ автоматическую работу обеспечивает многоканальное реле времени, собранное на базе конденсаторных реле времени ВЛ-15-2. В прессах фирмы Паннония применяют командные аппараты "Минутомат" типа CS-954 М, позволяющие программировать продолжительность и последовательность отдельных операций с общим циклом до 60 с. В прессах фирмы Гоффман работают электромеханические командные аппараты типа ED-75 и др.

Программа работы пресса наносится на прозрачную пластину, которая устанавливается в командный аппарат и при включении пресса перемещается вдоль считывающих устройств. На пластине пресса имеется 12 продольных канавок, на которые наклеивается узкая непрозрачная пленка. Длина наклеенной пленки и ее расположение определяют начало и конец операции. Считывающее устройство состоит из

осветителя, блока фоторезисторов, включенных в цепь исполнительных реле и световодов, расположенных между пластинкой с программой и фоторезисторами. Командные аппараты Е-75 рассчитаны на общий цикл 60 с. Точность исполнения команд ± 1 с.

К мерам, обеспечивающим безопасную работу на прессе, прежде всего относятся:

предупреждение возможности попадания рук оператора под опускающуюся подушку. Для этого управление опусканием подушки на большинстве прессов возможно только двумя руками;

устройства, предотвращающие падение подушки при поломке или отказе механизма;

нормальные гигиенические условия, обеспечивающиеся тщательной термоизоляцией нагреваемых нерабочих поверхностей, качественной вентиляцией и местной вытяжкой.

На современных швейных предприятиях используют целые комплексы (линии) влажно-тепловой обработки, включающие ряд универсальных и специальных прессов.

4.4.2. КОНСТРУКЦИЯ И РАБОТА ОБОРУДОВАНИЯ

Особенности конструкции прессов рассмотрим на примере базового пневматического универсального гладильного пресса ППУ-1. На сварной станине (рис. 4.4.10) смонтированы верхняя *5* и нижняя *4* подушки, механизм закрывания и прессования, а также пневматическая, паровая, вакуумная, электроавтоматическая контрольно-измерительная системы.

Пневморычажный шарнирно-стержневой механизм закрывания пресса с двумя степенями свободы служит для перемещения верхней подушки. Цилиндр закрывания *3* и цилиндр прессования *2* со штоком *1* шарнирно закреплены на осях. При включении пресса от цилиндра закрывания *3* путем спрямления тяги *7*

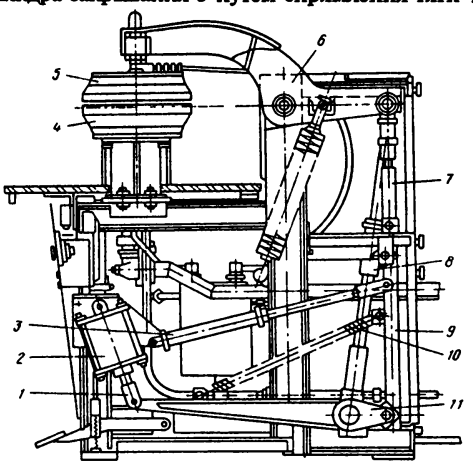


Рис. 4.4.10. Пресс ППУ-1

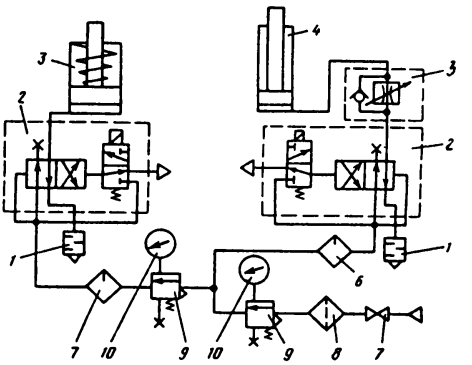


Рис. 4.4.11. Схема пресса ППУ-1

и звена *9* поворачивается главный рычаг *6* и подушка *5* опускается. Плавность опускания обеспечивается амортизатором *8*. После опускания подушки *5* рычаг *7* нажимает на конечный выключатель и срабатывает цилиндр прессования *2*, который через рычаг *11* и спрямленные тягу и звено *9* обеспечивает прессование изделия. По окончании прессования пневмоклапаны осуществляют выпуск воздуха из цилиндров в атмосферу и возвратные пружины *10* приводят все звенья механизма в исходное положение. Амортизатор *8* двойного действия и в этом случае обеспечивает равномерность хода звеньев рычажной системы. Зазор между подушками пресса регулируется путем изменения длины тяги *7*.

Пневмосистема пресса (рис. 4.4.11) включает: вентиль *7*, влагоотделитель *8*, маслораспылитель *6*, глушитель *1*, регулятор давления *9*, дроссель *5* с обратным клапаном, воздухораспылитель *2*, манометр *10*, цилиндры *4* закрывания и *3* прессования.

Паровоздушные манекены, используемые в швейной промышленности можно разделить на две группы: универсальные, оснащаемые сменными насадками, позволяющими обрабатывать различные изделия и специальные, предназначаемые для обработки определенного вида изделий.

В паровоздушном манекене (рис. 4.4.12) внутри остова *1* помещены вентилятор *2* и калорифер *3*, а сверху него установлена насадка - основной рабочий инструмент, состоящий из каркаса *4* и чехла *5* (по форме обрабатываемого изделия). Вентилятор, приводимый во вращение электродвигателем, нагнетает воздух через паровой калорифер *3* в чехол насадки. Пар, предназначенный для пропаривания через чехол и для обогрева калорифера подводится от централизованной установки по трубопроводу. Для удаления лас и заминов паровоздушные манекены оснащены паровыми пистолетами или щетками.

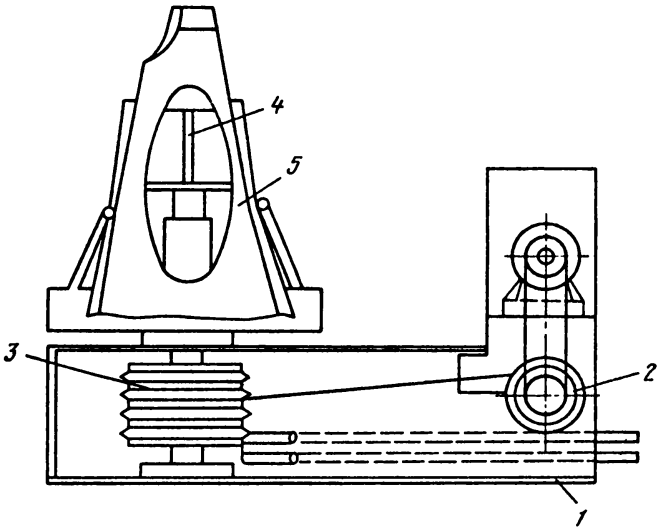


Рис. 4.4.12. Схема паровоздушного манекена

4.4.3. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ И УСТРОЙСТВ

Основными вопросами проектирования и расчета механизмов и устройств оборудования для влажно-тепловой обработки швейных изделий являются: выбор структуры механизмов, силовой расчет звеньев, расчет приводов и тепловые расчеты нагревательных устройств.

Выбор структуры механизмов и устройств прессов, являющихся основным видом оборудования, определяется особенностями технологического процесса, при проведении которого вначале необходимы значительные перемещения подушек при "закрывании" пресса, а затем требуется передача значительного давления на материал, что обусловливает возникновение больших нагрузок на звеньях механизмов при рабочем ходе. Наиболее простыми средствами, выполняющими оба этих условия являются шарнирно-рычажные механизмы со спрямляющимися рычагами (рис. 4.4.13, *а*, *б*). Они позволяют перемещать подушки на 0,5 м при открывании - закрывании пресса. При спрямлении рычагов сила прессования может быть практически любой, однако перемещение при этом настолько незначительно, что требуемая деформация материала может не обеспечиться. Для качественного прессования материала в системе устанавливается дополнительный рычаг (рычаги).

Наиболее рациональными перемещениями рабочих органов, исключающими смещение материала при прессовании, являются поступательные нормально к поверхности обрабатываемого материала перемещения подушек, что обеспечивается приводами прямого действия. При применении рычажных систем и расположении подушек на рычагах поставленное условие реализуется в случае расположения опор рычагов в плоскости смыкания подушек (рис. 4.4.13).

Силовые расчеты звеньев механизма закрытия и прессования сводятся, как правило, к прочностным расчетам на сжатие и изгиб. Так как максимальные изгибающие нагрузки на звенья *1* и *5*, являющиеся двухплечими рычагами, действуют в момент прессования, расчет этих звеньев должен осуществляться по максимальной силе F_{max}. При известных параметрах звеньев можно определить максимальный изгибающий момент и сечение рычагов:

$$M_{max1} = F_{max}\, AO_1.$$

Тогда момент сопротивления сечения рычага при изгибе

$$W_1 = M_{max} / [\sigma]_и,$$

где $[\sigma]_и$ - допускаемое напряжение изгиба.

Для прямоугольного сечения рычага, имеющего ось в точке O_1, получим

$$W_1 = \frac{B}{6}(H^2 - h^2),$$

где B - ширина сечения рычага в точке O_1; H - высота его, а $h = d_{от}$ - диаметр отверстия оси рычага.

Для рычага *5*

$$M_{max5} = F_E\, O_3E = F_B O_3E = \frac{F_{max} - OA_1}{O_1B} O_3E.$$

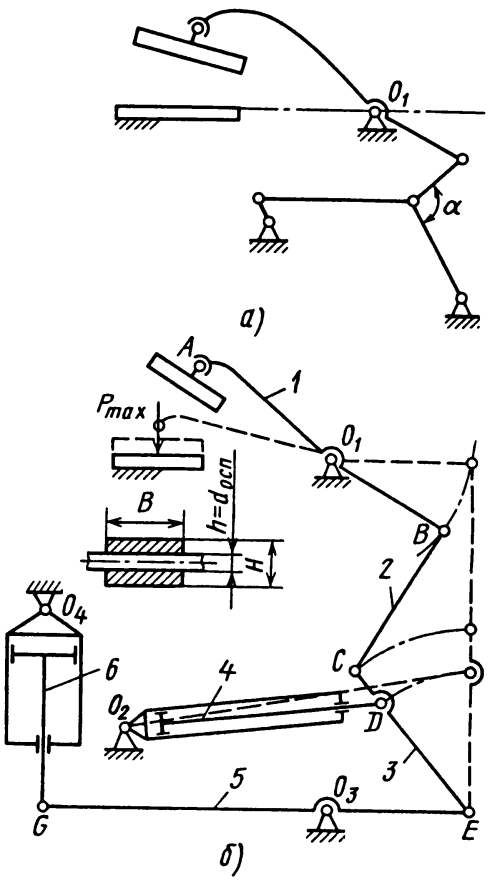


Рис. 4.4.13. Расчетные схемы

Спрямляющие рычаги *2* и *3* в этот момент (прессования) работают на сжатие, так же как штоки *4* и *6* цилиндров. Из расчета на сжатие элементов площадь сечения

$$S = F / [\sigma]_{сж},$$

где F - действующая сжимающая нагрузка; $[\sigma]_{сж}$ - допускаемое напряжение сжатия.

Проверка работоспособности элементов на продольный изгиб осуществляется по формуле Эйлера:

$$\sigma_{кр} = \pi^2 E / \lambda,$$

где $\lambda = kL/i$; E - модуль упругости материала; L - длина звена; i - радиус инерции; k - коэффициент приведения длины; $i = \sqrt{\frac{I}{S}}$; I и S - соответственно момент инерции и площадь сечения звена; для круглого сечения (R, D) элементов $I = \frac{\pi R^4}{4}$; $F = \pi R^2$; $i = \frac{R}{2}$; $L = \frac{\pi^2 ER}{2\sigma_{кр}}$.

Расчет на продольный изгиб

$$P \le F[\sigma]_{сж}\varphi,$$

где F - допускаемая сила; F = 30 000 Н на спрямляющем рычаге; S - площадь поперечного сечения элемента (спрямляющего рычага); $[\sigma]_{сж}$ - допускаемое напряжение на сжатие; $[\sigma]_{сж} = 160 \cdot 10^6$ Па для Ст 3; φ - коэффициент понижения этого напряжения.

Так как в условии устойчивости неизвестными являются S и φ, задаемся одной из этих величин. Примем в первом приближении φ = 0,5. Необходимая площадь поперечного (круглого) сечения рычага

$$S = F_B / \varphi[\sigma_c] = 0{,}38 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

При этом гибкость рычага, у которого k = 1, φ = 0,5,

$$\lambda = \frac{kL}{i} = \frac{2kL\sqrt{\pi}}{\sqrt{S}} \approx 90.$$

Для этого значения гибкости коэффициент φ = 0,69, а уточненные параметры рычага:

$$S = 0{,}27 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ и } 2R = D = 1{,}85 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

При заданных условиях сечение рычага из расчета на продольный изгиб необходимо принимать на 30 % больше, чем из расчета на сжатие.

Давление на изделие, устанавливаемое при настройке пресса, должно обеспечиваться по всей поверхности. Постоянство давления на любом участке обеспечивается "плавающей установкой" одной из подушек (шаровой шарнир и компенсационные пружины), а также упругим амортизационным покрытием одной из двух подушек, обычно нижней. Силиконовая резина либо пружинные маты обеспечивают равномерную передачу силы по всей поверхности материала, имеющую различную толщину (дополнительные прокладки, швы и т.п.).

При выборе упругого мата (амортизационного покрытия) можно руководствоваться некоторыми эмпирическими зависимостями (данные Орловского НИИлегмаша), связывающими деформацию мата ΔH с его основными параметрами:

$$\Delta H = a\,(100p - B)^{\alpha},$$

4.4.2. Некоторые параметры для проектирования матов

Маты	k, 1/мм	a, м²·мм/МН	B, МПа	
Пружинный	-	0,68	0,9	0,645
Резиновый Орловского НИИлегмаша	-	0,96	0,9	0,375
Из трех слоев сукна	0,125	0,76	0,9	0,43
Фирмы Джуки (Япония)	0,071	1,74	0,9	0,235
Фирмы Кенингиссер (Германия)	0,1	0,1	0,7	1
Фирмы Аякс (США)	0,05	8	0,8	0,25

Примечание. Величина k характеризует особую жесткость мата (деформация при единичной нагрузке).

где a - коэффициент, м²·мм/МН; p - давление на покрытие, МПа; B - постоянная величина, зависящая от типа покрытия, МПа; α - безразмерный коэффициент.

В табл. 4.4.2 приведены некоторые параметры для проектирования матов.

В случае применения пружинных матов, закрепляемых одними концами на основании подушек, а другими на мелкой латунной сетке, наилучшее распределение давления на изделие обеспечивается, если пружины предварительно сжаты до силы $F_д$, близкой к требуемой силе обработки материала. Жесткость пружин C, Н/м, может быть определена при известных: максимальной силе формования F_{max}, максимальной δ_{max} и минимальной δ_{min} толщинах изделия (рис. 4.4.14):

$$C = \frac{F_{max} - F_д}{\delta_{max} - \delta_{min}}.$$

Очевидно, что чем меньше жесткость пружин, тем равномернее распределяется сила, однако такие пружины больше по размерам и требуют значительной деформации при предварительном сжатии.

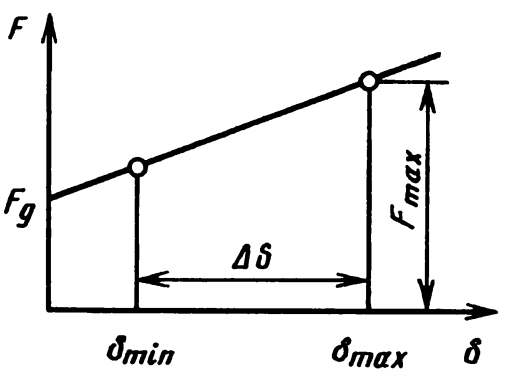


Рис. 4.4.14. Зависимость $F = f(\delta)$ для пружинного мата подушки

Параметры сечений звеньев механизма могут быть получены после силового расчета и определения реакций в шарнирах механизма.

Мощность нагревательных элементов рассчитывают в зависимости от теплового баланса работы гладильных подушек прессов или других рабочих элементов оборудования.

Общее количество теплоты на обработку одного изделия складывается из количества теплоты Q_1 на прогрев изделия, Q_2 на прогрев и испарение воды, находящейся в нем, Q_3 потерь теплоты в окружающую среду с нерабочих поверхностей и Q_4 потерь теплоты в окружающую среду с рабочих поверхностей. Расчет мощности электронагревательных систем можно проводить исходя из общего количества теплоты и продолжительности разогрева подушки. Мощность электронагревательной системы в первом случае

$$N_1 = Q\,П,$$

а во втором

$$N_2 = \frac{Q_3 + Q_4 + m_п\, g\, c_п \left(T_п - T_0\right)}{t_р},$$

где $m_п$ и $c_п$ - соответственно масса подушки и теплоемкость материала; $T_п$ - температура, до которой разогревается подушка; T_0 - температура окружающей среды; $t_р$ - продолжительность разогрева подушки; $П$ - производительность пресса; обычно $N_2 > N_1$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бродягин В. Г., Поливанов С. Ю., Якиминин Ю. М.** Электроавтоматика и электропривод швейных машин и полуавтоматов. М.: Легкая индустрия, 1977. 272 с.

2. **Вальщиков Н. М., Зайцев Б. А., Вальщиков Ю. М.** Расчет и проектирование машин швейного производства. Л.: Машиностроение, 1973. 343 с.

3. **Зак И. С., Полухин В. П., Лейбман С. Я.** Комплексно-механизированные линии в швейной промышленности. М.: Легпромбытиздат, 1969. 320 с.

4. **Иосилевич Г. Б., Строганов Г. Б., Маслов Г. С.** Прикладная механика / Под ред. Г. Б. Иосилевича. М.: Высшая школа, 1989. 351 с.

5. **Кинематика,** динамика и точность механизмов: Справочник / Под ред. Г. В. Крейнина. М.: Машиностроение, 1984. 214 с.

6. **Комиссаров А. И., Жуков В. В., Никифоров В. М. и др.** Проектирование и расчет машин обувного и швейного производства. М.: Машиностроение, 1978. 432 с.

7. **Машины,** машины-автоматы и автоматические линии легкой промышленности / А. А. Анастасиев, Н. Н. Архипов, А. Н. Жаров и др. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 352 с.

8. **Оборудование** швейного производства / Л. Б. Рейбарх, С. Я. Лейбман, Л. П. Рейбарх и др. М.: Легпромбытиздат, 1988. 284 с.

9. **Оборудование** для швейной промышленности. М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1986. 268 с.

10. **Озол О. Г.** Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1984. 432 с.

11. **Орловский Б. В.** Основы автоматизации швейного производства. М.: Легпромбытиздат, 1988. 247 с.

12. **Полухин В. П.** Проектирование механизмов швейнообметочных машин. М.: Машиностроение, 1972. 280 с.

13. **Полухин В. П., Рейбарх Л. Б.** Швейные машины цепного стежка зарубежных фирм. М.: Легкая индустрия, 1979. 344 с.

РАЗДЕЛ 5

МАШИНЫ И АППАРАТЫ ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Глава 5.1

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ОБУВИ

5.1.1. РАСКРОЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ОБУВИ

Из существующих способов раскроя материала (подвижным ножом, струей жидкости, лучом лазера, плазмой и др.) наибольшее распространение получили вырубание деталей на прессах и раскрой подвижным ножом на раскройных машинах. Механические и электрогидравлические прессы ВПБ, ПВ-10, ПВГ-8, ПВГ-10, ПВГ-8-0, ПКП-10 используют для вырубания деталей верха обуви; ПР, НПЕ, ПВГ-18-1-0, ПВГ-18-2-0, ПВГ-18-1600, ПВГ-18-1300-0, ПВ-38 для вырубания деталей низа обуви, а ПТГ-12-0, ПКП-16, ПОТГ-20, ПОТГ-40 и др. для вырубания различных деталей из многослойных настилов тканей и искусственных обувных материалов. Среди прессов зарубежного производства следует отметить 2071, 2072, 6011 фирмы Шен, 556, 559, 562, 564, 572 фирмы Зандт, 199-110 фирмы Альбеко (Германия); F-63H, F-59H, G-63M фирмы Худзон, DVRS-R6 фирмы УСМ (США); С фирмы БУСМК (Великобритания); G-888, G-999 фирмы Атом (Италия) и др.

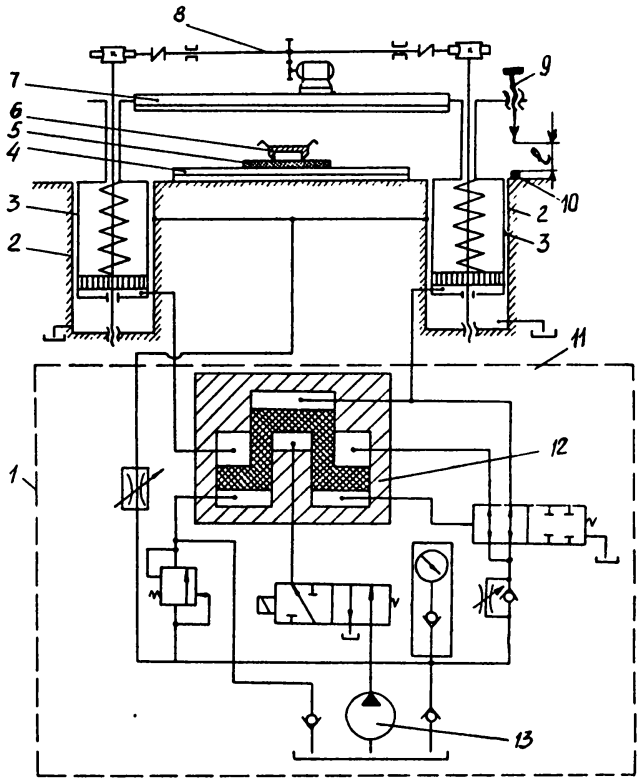


Рис. 5.1.1. Принципиальная схема пресса ПВГ-18-2-0:
1 - гидропривод; 2 - направляющие; 3 - скалки; 4 - вырубочная плита; 5 - вырубаемый материал; 6 - резак; 7 - ударник (сварная траверса); 8 - механизм регулирования положения траверсы; 9 - штанга; 10 - конечный выключатель; 11 - гидропривод; 12 - напорный гидрораспределитель; 13 - лопастной насос

Принципиальная схема типового электрогидравлического пресса ПВГ-18-2-0 приведена на рис. 5.1.1.

Электрическая система пресса предусматривает защиту рук оператора. Она включает в себя блок ППЗР (полупроводниковый прибор защиты рук), блок настройки, бесконтактный путевой выключатель и исполнительное реле.

Технологический процесс осуществляется следующим образом: на вырубаемый материал *5* устанавливают резак *6* и нажимают ногой на пусковую педаль. Ударник *7* опускается, производит один удар и автоматически выключается независимо от того, снята или не снята нога с педали. Для осуществления следующего удара нужно снять ногу с педали и нажать на нее. Ход *l* ударника зависит от расстояния между контактом конечного выключателя *10* и нижним концом штанги *9*.

Основными вопросами проектирования и расчета механизмов пресса являются: выбор характера перемещения ударника и структурной схемы механизма вырубания, его синтез; выбор рациональной формы ударника и расчет его геометрических параметров; выбор типа привода; проектирование и расчет устройств, обеспечивающих выполнение требований охраны труда. Для этого, прежде всего, определяют силу прорубания $P_п$ (рис. 5.1.2), приложенную со стороны резака (фасонный нож с односторонним заточенным лезвием) к материалу

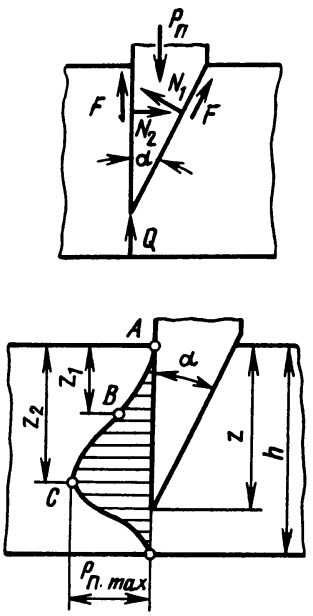


Рис. 5.1.2. Схема действия сил резания при прорубании ткани и изменение силы $P_п$

$$P_п = F + N_1(\sin\alpha + f_1\cos\alpha) + N_2 f_2,$$

где f_1 и f_2 - коэффициенты трения материала о грани резака; F - сила сопротивления материала разрушению лезвием резака; N_1 и N_2 - нормальные реакции материала на грани резака; $F = \sigma_в bL$, L - периметр режущей кромки резака; b - величина затупления режущей кромки; $\sigma_в = q / b$ - временное сопротивление материала разрушению лезвием резака; q - удельная распределенная нагрузка режущей кромки резака.

На практике сила прорубания пресса

$$P_п = qLk_1k_2k_3,$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий степень затупления резака; $k_1 = 1{,}1 \div 1{,}8$ при $\alpha = 10 \div 30°$; k_2 - коэффициент, учитывающий радиус закругления режущей кромки; $k_2 = 1 \div 3{,}5$ при радиусе закругления режущей кромки $r = 0{,}1 \div 0{,}5$ мм; k_3 - коэффициент, учитывающий скорость нарастания нагрузки; $k_3 = 1 + f_3 v$, коэффициент трения материала о резак $f_3 = 0{,}1 \div 0{,}4$; v - скорость перемещения резака, м/с.

Изменение $P_п$ от глубины погружения резака в материал - эпюра $P_п(z)$. Точка B с координатой $z_1 = (0{,}4 \div 0{,}5)h$ является точкой перегиба эпюры. В точке C с координатой $z_2 = (0{,}7 \div 0{,}8)h$ сила $P_п$ достигает максимума и происходит окончательное разрушение материала под лезвием резака. При дальнейшем продвижении резака требуется сила лишь для отодвигания материала от вырубаемой детали.

Максимальную силу, которую должен развивать пресс, определяют механические свойства раскраиваемого материала и наибольший периметр вырубаемых деталей. Ход ударника зависит от толщины материала, из которого вырубаются детали. При многослойном раскрое тканей ход ударника должен быть значительно больше, чем при раскрое кожи.

Для уменьшения силы прорубания стремятся увеличить массу и ускорение траверсы. В прессах с гидроприводом время (с) перемещения ударника

$$t = lS / Q,$$

где l - ход ударника, м (см. рис. 5.1.1); S - полезная площадь поршня, м^2; Q - подача насоса, м^3/с.

Фактическая подача

$$Q_ф = \frac{1}{t_р + \sum t_ц + \sum t_п},$$

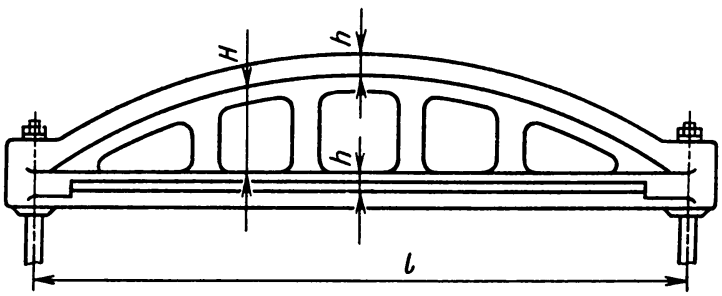


Рис. 5.1.3. Траверса пресса ПВГ-18-2-0

где $\sum t_{п}$ - сумма внецикловых потерь времени; $\sum t_{ц}$ - сумма цикловых потерь времени; $t_{р}$ - время рабочего цикла

Мощность (Вт) электродвигателя насоса (гидропривода) вырубочного пресса

$$N = pQ / \eta,$$

где p - рабочее давление, Па; Q - расход жидкости, м^3/с; η - КПД привода.

Работоспособность вырубочного пресса в значительной степени определяется жесткостью траверсы, а следовательно, его формой, геометрическими параметрами и массой. Форму и геометрические параметры сечения траверсы (рис. 5.1.3) выбирают из соотношения $l / (H_{max} + 2h) < 4$. Условие прочности по нормальным напряжениям для траверсы имеет вид

$$M_x / W_x \le [\sigma]_и,$$

где M_x - изгибающий момент относительно нейтральной оси x поперечного сечения траверсы; $W_x = J_x / z_{max}$ - осевой момент сопротивления сечения; $[\sigma]_и$ - допускаемое напряжение изгиба; J_x - момент инерции поперечного сечения траверсы относительно нейтральной оси x; $z_{max} = h + H / 2$.

Широкое применение находят прессы-автоматы с гидроприводом и программным управлением. На верхней траверсе таких прессов перемещается каретка с ударником. Управление перемещением каретки, поворотом ударника и подачей материала автоматическое..

5.1.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НИЗА ОБУВИ

К основным операциям обработки деталей низа обуви относятся: двоение и выравнивание по толщине, клеймение, шлифование, фрезерование по контуру, взъерошивание, формование и др.

Машины для двоения и выравнивания деталей низа обуви. Для двоения по толщине широко применяют машины ДН-0, ДН-1-0, ДН-2-0, ДН-3-0 отечественного производства, а также 05095/Р1 и 05332/Р1 фирмы Свит (Чехия). Принцип работы этих машин и конструкции их механизмов в основном одинаковы. Основными элементами типовой машины ДН-3-0 являются: основание, головка и электрооборудование. Положение головки машины регулируется по высоте в зависимости от роста рабочего. В корпусе головки смонтированы основные рабочие органы машины: верхний гладкий вал *1*, нижний рифленый вал *2* и нож *3* (рис. 5.1.4). Обрабатываемая деталь *4* пропускается между параллельными, вращающимися в противоположных направлениях, валами *1* и *2* и подается ими на неподвижный нож *3*, который срезает нижний слой материала. В процессе обработки расстояние между верхним валом *1* и лезвием ножа не меняется, чем достигается постоянная толщина детали. Нижний вал *2* при изменении толщины обрабатываемой детали в нижнем положении устанавливается автоматически.

Важным параметром процесса резания является расстояние a. Оно должно быть таким, чтобы обеспечивался надежный захват материала и свободное его перемещение после резания. При больших значениях a происходит продольный изгиб материала и ухудшается качество обработки, а при малых - возникает дополнительное сопротивление перемещению материала, что приводит к ухудшению качества резания или к заклиниванию.

Расстояние

$$a = (R - 0{,}5\varepsilon h_0) \operatorname{tg}\alpha,$$

где R - радиусы валов; ε - относительное сжатие материала; h_0 - начальная толщина материала; h - толщина максимально сжатого материала; $\alpha = \arccos\left(1 - \frac{\varepsilon h_0}{2R}\right)$ - угол контакта.

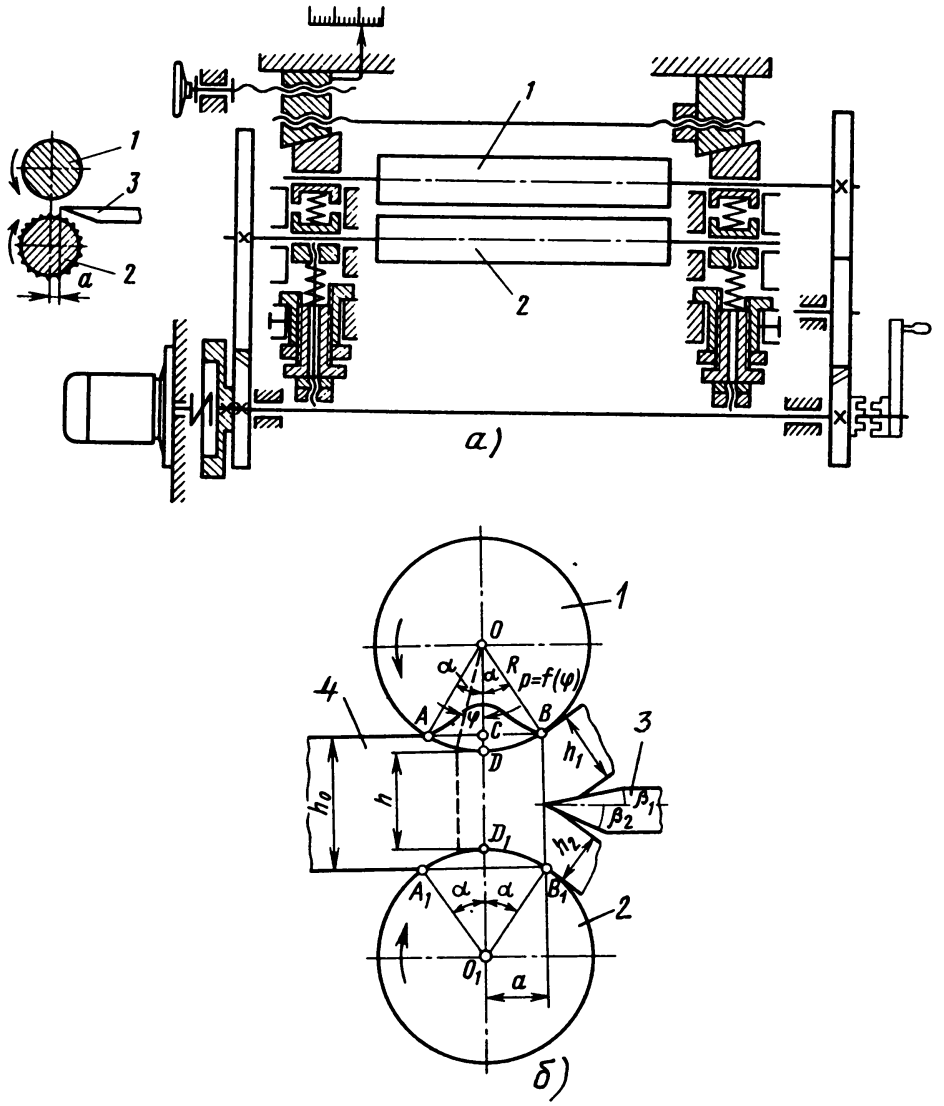


Рис. 5.1.4. Схемы основных механизмов и устройств машины ДН-3-0 (*а*) и взаимодействия подающих валов (роликов) с материалом (*б*)

Геометрия лезвия ножа обусловливается свойствами материала детали и видов обработки. При двустороннем заострении ножа ширина фасок и углы заострения могут быть как одинаковыми, так и разными. Меньший угол заострения β_1 ориентируют в направлении к более толстому слою разрезаемого материала. Угол заострения принимают $\beta = \beta_1 + \beta_2 = 20 \div 25°$. Для предотвращения заклинивания детали между валами необходимо, чтобы $2F_0 \geq F_{max}$ или $(f_1 + f_2)\, P = kF_{max}$, откуда

$$P = \frac{kF_{max}}{f_1 + f_2},$$

где F_{max} - наибольшее сопротивление резанию; $k = 1{,}5$ - коэффициент запаса; f_1 и f_2 - соответственно коэффициенты трения о гладкий и рифленый валы; P - сила сжатия материала валами; F_0 - силы трения между валами и материалом.

Сопротивление резанию зависит от угла заострения ножа, остроты лезвия, физико-

механических свойств материала детали и скоростного режима резания. Удельная сила $P = f(\varphi)$ при резании различных материалов находится в пределах 16,8 ÷ 32,3 кН/м. Мощность, расходуемая при двоении деталей низа,

$$N = \frac{kRv\left(2f\cos\beta + \sin\beta\right)}{\cos\beta_2 - f\sin\beta_2},$$

где v - скорость резания; в первом приближении $f_1 = f_2 = f$.

Удельная сила по дуге захвата зависит от свойств материала детали, характера ее деформации, трения о вал и др. Для практических расчетов

$$p = \frac{2ER\left(\cos\varphi - \cos\alpha\right)}{h_0},$$

где E - модуль упругости материала; $0 \le \varphi \le \alpha$. Наибольшая удельная сила при $\varphi = 0$ в точках D и D_1.

Машины для взъерошивания, фрезерования и шлифования отдельных деталей или затянутых на колодку заготовок. Взъерошивание, фрезерование и шлифование осуществляются для подготовки деталей обуви к склеиванию и при ее отделке.

Наиболее ответственной операцией, определяющей прочность клеевого соединения деталей, является взъерошивание. Взъерошиванием (грубым шлифованием) очищаются и увеличиваются поверхности контакта деталей с клеевой пленкой. Выполняется оно с помощью абразивных, стальных и алмазных режущих инструментов. При фрезеровании удаляются припуски на обработку деталей и им придается определенная форма; режущие инструменты машин имеют профилированные зубья, расположенные по окружности. Шлифование деталей производится перед окончательной отделкой обуви абразивными полотнами или кругами.

Для взъерошивания краев плоских подошв применяется машина типа ВПН, профилированных подошв с каблуком - полуавтоматы 351 фирмы Сигма (Италия) и 4 фирмы 4БУСМК (Великобритания), профилированных подошв с каблуком и плоских деталей по всей поверхности - полуавтомат 347 Т фирмы Сигма. Взъерошивание затяжной кромки заготовки обуви, затянутой на колодку, выполняется на полуавтоматах ВС-0, МВК-0 и ВЗК-1-0, 04152/Р1 фирмы Свит (Чехия), А-28 фирмы Анвер (Франция), 2 фирмы БУСМК, RA3 фирмы Фортуна (Германия), 4 и ASW фирмы УСМ (Австрия), AR-C и ASR-G фирмы Интернационал (Германия), К71S фирмы Черим (Италия); взъерошивание крокульной части неприкрепленных каблуков выполняется на машине 324 фирмы Анвер.

Для фрезерования уреза подошв в пачке используется машина ФКП-0, уреза подошв и каблуков, прикрепленных к следу обуви, - машина ФУП-2-0 и машина 04105/Р6 Свит, набоек - машина 2 фирмы Мирбах (Германия); для подфрезерования стелек в геленочной и пяточной частях - полуавтомат 2 фирмы БУСМК и машина А-16 фирмы Анвер.

Шлифование деталей низа обуви осуществляется на машинах ШН-0 и ШНП-0, 04127/Р10 и 04163/Р3 фирмы Свит, подкаблучной части подошв, прикрепленных к обуви, - на машине 9С фирмы БУСМК, кожаных и резиновых каблуков, прикрепленных к обуви, - на машинах МШК-0 и СКП.

Основными вопросами при разработке конструкции машин для взъерошивания, фрезерования и шлифования деталей обуви являются выбор и расчет скоростей резания и перемещения деталей, толщины снимаемого слоя, давления режущего инструмента на обрабатываемую деталь, основных размеров режущего инструмента. Рассмотрим их на примере машин для взъерошивания.

Основными элементами машин для взъерошивания затяжной кромки заготовки верха обуви, затянутой на колодку, полуавтомата ВС-0 (рис. 5.1.5) являются каретка *12*, пяточный *3* и носочный *13* упоры, режущий инструмент *4*, гидроцилиндр *14*, электродвигатель *1*, шкив *7*, шпиндель *8*, пружины *2*, *6* и *9*, поворотный кронштейн *5*, державка *10*, стакан *11*. Снизу к каретке *12* крепится зубчатая рейка, которая входит в зацепление с зубчатым колесом, сидящим на штоке гидроцилиндра. Зубчатое колесо, обкатываясь по неподвижной рейке, перемещает рейку, закрепленную на каретке с колодкой влево и вправо.

При постоянных угловой скорости режущего инструмента и линейной скорости движения его оси относительно обрабатываемой детали абразивное зерно или точка режущей кромки перемещается по трохоиде с координатами (рис. 5.1.6)

$$x = R\left(\sin\psi \pm \frac{v_п}{v_р}\right);\ z = R\,(1 - \cos\psi),$$

где R - радиус вращения зерна; ψ - угол поворота зерна; $v_п$ - скорость движения оси инструмента относительно детали или скорость подачи детали; $v_р$ - окружная скорость зерна или скорость резания; знаки ± соответствуют перемещениям детали по направлению сплошной (-) и штриховой (+) стрелок.

Если инструмент дополнительно совершает колебательные движения вдоль оси y (имеет осциллирующее движение), то

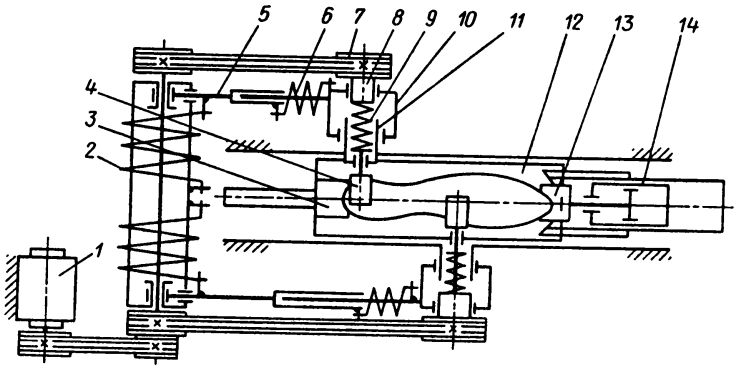


Рис. 5.1.5. Схема машины-полуавтомата ВС-0

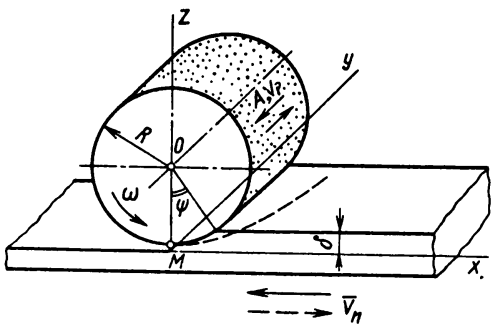


Рис. 5.1.6. Схема обработки материала абразивным инструментом

$$y = A\sin\frac{2\pi\nu}{\omega}\psi,$$

где A и ν - соответственно амплитуда и частота колебаний инструмента по оси y; ω - угловая скорость ведущего вала.

Длина контакта режущего инструмента с обрабатываемой поверхностью

$$L = \left(1 \pm \nu_п / \nu_р\right)\sqrt{2R\delta},$$

где δ - толщина срезаемого слоя (глубина резания).

При $\nu_п << \nu_р$

$$L \approx \sqrt{2R\delta}.$$

При вибрационной обработке скорость резания и дуга контакта составляют

$$\nu_{р.в} = \sqrt{\left(\nu_р \pm \nu_п\right)^2 + \left(4A\nu\right)^2};$$

$$L_в = \frac{\nu_{р.в}}{\nu_р}\sqrt{2R\delta},$$

где $4A\nu$ - средняя скорость вибрационного движения (по оси y). Если $A = 0 \div 3$ мм и $\nu = 0 \div 75$ Гц, то скорость $4A\nu = 0 \div 0{,}9$ м/с, т.е. сравнительно мала. Вследствие этого скорость $\nu_{р.в}$ и дуга увеличиваются также мало.

Неточности формы и биение режущего инструмента, а также неупорядоченное расположение абразивных зерен не позволяют обеспечить равномерное нагружение всех режущих точек. Вследствие этого подача обрабатываемого материала на зерна l_z не является постоянной, а снимаемые слои материала (стружка) различны по толщине и форме (в большинстве случаев снимаемые слои имеют форму запятой):

$$l_z = (\nu_п / \nu_р)\, l_{с.в} \le 2L,$$

где $l_{с.в} = K_1 - K_2 \lg\left[\frac{1}{K_3}\lg\left(1 - e^{-kp}\right) + \frac{K_4}{K_3}\right]$ -

среднее вероятное расстояние между зернами; K_1, K_2, K_3, K_4 - числовые коэффициенты; для обувной резины $K_1 = 80{,}65$ мм, $K_2 = 23{,}3$ мм, $K_3 = 934$ мм$^{-1}$, $K_4 = 3{,}38$; $K = K_5 / E$; K_5 - коэффициент шероховатости поверхности; E - модуль упругости материала детали; $p = q / L$, где p, q - средние значения давления и удельной силы (на единицу длины поверхности) касания инструмента; L - длина поверхности касания.

С увеличением удельной силы среднее вероятное расстояние между активными зернами уменьшается. Это объясняется тем, что контакт с обрабатываемой поверхностью вступает большее количество абразивных зерен, т.е. абразивный инструмент обладает свой-

ством изменять шаг между режущими зернами. Средний объем материала, снимаемого одним зерном,

$$V_з = K\frac{\cos\alpha}{\pi} q\, l_{с.в}^2.$$

Здесь принято, что абразивное зерно имеет форму конуса с углом у вершины 2α, а отношение площади сечения, проходящего через вершину конуса перпендикулярно его основанию, к площади равно $\cos\alpha / \pi$. Коэффициент K определяется в динамических условиях, так как площадь контакта зерен с обрабатываемой деталью зависит от динамического модуля упругости материала детали; для кожеподобной резины K = 55,2 мм² / Н при $v_р$ = = 10 ÷ 15 м/с.

При известных α и K подбирают параметры q, $v_р$ и $v_п$ таким образом, чтобы в процессе обработки был снят слой материала толщиной

$$\delta = K\frac{\cos\alpha}{\pi} q\frac{v_р}{v_п}.$$

Скорость $v_{р0}$ резания, при которой поверхность имеет максимальную шероховатость, следует выбирать таким образом, чтобы шаг трохоиды (подача на один оборот) был примерно в 2 раза больше дуги контакта:

$$v_{р0} = \pi\, v_п \left(\frac{2R}{4Kq\cos\alpha}\right)^{1/3}.$$

При обработке кожеподобной резины цилиндром с абразивным полотном зернистостью 63, $v_п$ = 0,22 м/с, R = 49 мм, величины q_0 и $v_{р0}$ составляют соответственно 4 кН/м и 8,61 м/с.

Радиус абразивного инструмента

$$R = K_б^2 L^2 / 2\delta,$$

где $K_б$ = 1,05 ÷ 1,10.

Удельная сила касания инструмента с деталью

$$q = \frac{\pi\delta v_п}{K k_р \cos\alpha}.$$

Общее давление на абразивный инструмент $p = q\,l$, где l - длина поверхности касания инструмента с деталью.

Сила сопротивления резанию

$$F = S_{ср}\tau_{вр} = S_з n_з l,$$

где $S_{ср}$ - площадь сечения срезов материала всеми зернами; $n_з$ - число зерен; $\tau_{вр}$ - временное сопротивление материала детали срезу; для кожи $\tau_{вр}$ = 20 Па; $S_з$ - площадь сечения среза одним зерном:

$$S_з = \frac{l_{с.в}^2 \cos\alpha}{\pi}\left[Kq\left(2R\delta\right)^{-0,5}\right].$$

5.1.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА ОБУВИ

К операциям обработки деталей верха обуви относятся: двоение и выравнивание по толщине, спускание краев, тиснение, перфорация, клеймение (маркировка), обработка видимых краев деталей и их украшение и др.

Для выравнивания по толщине деталей обуви из натуральной и искусственных кож используют ленточные машины с рабочим проходом шириной 300 ÷ 600 мм типов 06101/Р1, 06020/Р3 и 06144/Р1 фирмы Свит (Чехия), UAF-470, UAG-470, NAF-470 и AN-400E фирмы Фортуна (Германия), № 3 фирмы СКОМ и № 3 фирмы БУСМК (Великобритания), С-480 и CN-411 фирмы Камога (Италия) и др. Машины имеют аналогичные основные механизмы, которые различаются только конструкцией. Во всех машинах используется ленточный нож, детали подаются двумя или одним валиком, для подрезания союзки предусмотрено реверсирование подающих валиков. Нож затачивается автоматически, а положение лезвия ножа по отношению к подающим валикам корректируется по мере его изнашивания.

Универсальная двоильная машина UAF-470 (рис. 5.1.7) предназначена для выравнивания деталей верха обуви по толщине из различных материалов толщиной до 5 мм. Машина выпускается с верхним ведущим валиком (рис. 5.1.7, *а*) и направляющей линейкой (рис. 5.1.7, *б*). При установке верхнего ведущего валика машина снимает слой материала толщиной 0,4 ÷ 0,5 мм, а при установке направляющей линейки - до 0,1 мм.

Кроме выравнивания по толщине на машине можно выполнять также следующие операции: неполное двоение деталей, распиливание обтяжек для каблуков с выравниванием толщины до 0,5 мм, срезание краев деталей с помощью шаблонов (матриц) и др.

Машина имеет механизмы ленточного ножа и его заточки, подачи обрабатываемой детали, привода, приспособление для правки шлифовальных кругов и систему отсоса абразивной пыли и отходов материала.

Ленточный нож *13* огибает ведущий *14* и ведомый *1* шкивы. Ведущий шкив выполнен ступенчатым: одна ступень предназначена для ножа, другая - для клиноременной передачи от электродвигателя. Шкивы *14* и *1* посажены на осях *22* и *34*, цапфы которых опираются на клинья *19*, лежащие в гнездах станины. Нож

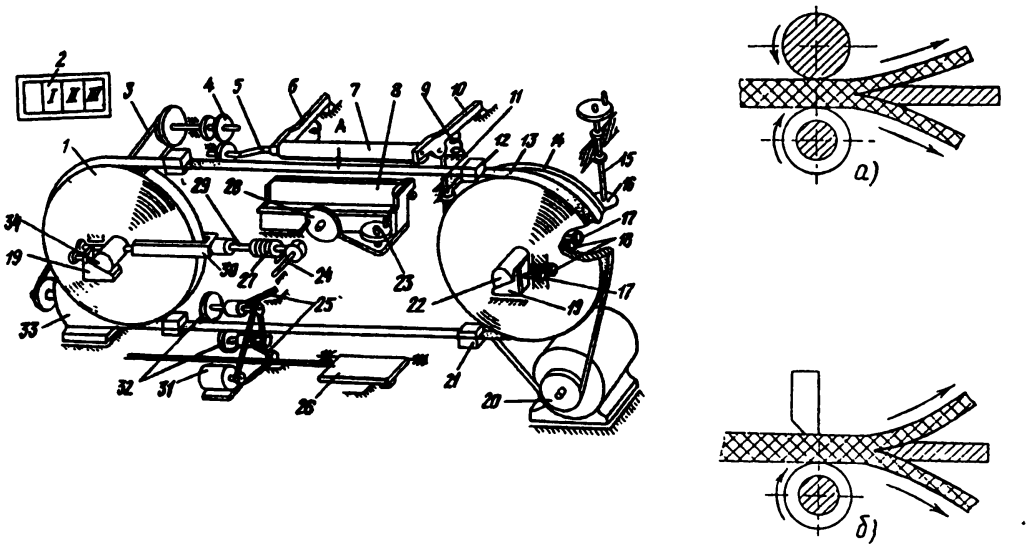


Рис. 5.1.7. Схемы машины UAF-470 и обработки деталей на ней

во время движения постоянно очищается от грязи четырьмя войлочными подушками *21*, две из которых установлены на верхней ветви ножа и две на нижней. Смазочный материал подается в войлочные подушки из установленных под ними масленок. Положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях осей ножеводящих шкивов и ленточного ножа регулируют соответственно винтами *17* и *18*.

В процессе работы машины натяжение ножа ослабевает, его приходится периодически регулировать. Механизм натяжения ножа работает следующим образом. При вращении винта *24* через коническую зубчатую передачу получает вращение винт *29*. Винт *29*, вывертываясь, перемещает влево вилку *30* с осью *34* и шкивом *1*, натягивая нож. Тарельчатая пружина *27* служит для автоматического поддержания необходимого натяжения ножа, ослабленного в результате нагревания. Она посажена на винт *29* и упирается одним концом в выступ винта, а другим - в станину машины.

Нож затачивается двумя шлифовальными кругами *32*, шпиндели которых установлены на шарнирно закрепленных рычагах *25*. Шлифовальные круги *32* получают вращение от подвесного электродвигателя *31* через плоскоременную передачу. Для правки шлифовальных кругов имеется шарошка, которую перемещают вдоль ширины круга, нажимая рукой на защитный колпачок.

Обрабатываемая деталь подается на нож *13* верхним *7* и нижним *8* валами. Цапфы верхнего вала *7* находятся в шарнирно закрепленных откидных рычагах *6* и *10*. Рычаги *6* и *10* опираются на пружины сжатия *9*, постоянно отжимающие рычаги вверх. Рычаги шарнирно соединены с винтами *11*, на нижние концы которых навинчены звездочки-гайки *12*, упирающиеся в станину. Звездочки-гайки *12* цепной передачей связаны со звездочкой *16* и винтом *15*, на верхнем конце которого имеет маховик. Вращая маховик в ту или другую сторону, поднимают или опускают вал *7* для установки заданной толщины получаемой детали. Положение вала *7* по высоте контролируется по шкале счетного устройства, кинематически связанного с винтом *15*. Давление нижнего вала регулируется маховиком *28*. Кольца вала *8* перемещаются маховиком *23*.

Ведущий шкив *14* получает вращение от электродвигателя *20* через клиноременную передачу. Подающие валы *7* и *8* получают вращение от трехскоростного электродвигателя *33* через клиноременную *3* и зубчатые *4* передачи, шарнирный валик *5*. Частоту вращения вала электродвигателя подачи переключают кнопочным устройством *2*.

Реверсирование подающих валов, например, при подрезании деталей осуществляют педалью *26*, с помощью которой переключают полюса электродвигателя *33*. Для измерения толщины обрабатываемых деталей на машине установлен толщиномер.

Для создания возможности передачи ножу окружной силы от ведущего шкива к ведомому необходимо обеспечить требуемое натяжение ленточного ножа. Натяжное устройство должно поддерживать необходимое натяжение ножа, изменяющееся при резании вследствие температурных деформаций, позволять изменять натяжение ножа по технологическим условиям и снижать его после окончания работы (нормальное напряжение ведомой ветви ножа 50 ÷ 60 МПа).

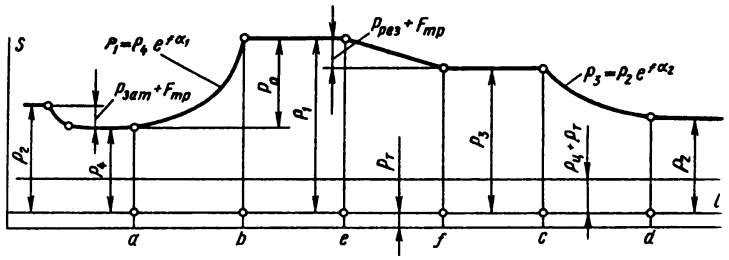


Рис. 5.1.8. Схема изменения сил растяжения *P* по контуру ножа

При трении ножа о направляющие и материал, а также в процессе его заточки выделяется значительное количество теплоты, под влиянием которой удлиняется замкнутый контур ножа и уменьшается его натяжение.

Относительная деформация при нагреве

$$\varepsilon_н = -\frac{\sigma_н}{E}\theta\Delta t,$$

где $\sigma_н$ - напряжение растяжения от нагрева; E - модуль упругости при растяжении; θ - коэффициент линейного расширения; для стального ножа $\theta = 11{,}6 \cdot 10^{-6}$; Δt - перепад температур.

Снижение натяжения $d\sigma_н / dt = -\alpha E =$ $=$ const характеризует изменение (уменьшение) натяжения ножа при повышении его температуры на 1°С. Для ножа из стали $d\sigma_н / dt = 242 \cdot 10$ Н^4/(м$^2 \cdot$ °С) $\approx$ const.

Сила натяжения P ленточного ножа длиной l на различных участках его контура различная (рис. 5.1.8). Участки на дугах обхвата ведущего и ведомого шкивов представлены отрезками соответственно *ab* и *cd*, на рабочей ветви *bc* участок резания - отрезком *ef*. Сила натяжения на участке резания

$$P_1 = P_3 + (P_{рез} + F_{тр}) = [P_2 - (P_{зат} + F_{тр})]\, e^{f\alpha_1},$$

где P_2 - натяжение ленточного ножа на ведомой ветви; $P_3 = P_2 e^{f\alpha_2}$; $P_{рез}$ - сила резания; $F_{тр}$ - сила трения; $P_{зат}$ - сила растяжения ножа из-за непрерывной его заточки; α_1 и α_2 - углы обхвата ленточным ножом соответственно ведущего и ведомого шкивов; f - коэффициент трения ножа о шкив.

Сила резания

$$P_{рез} = P_1 - F_{тр} - P_3.$$

Силы натяжения от центробежных сил и влияния температур обозначены $P_ц$ и $P_т$. Максимальное напряжение в ноже на участке, набегающем на ведущий шкив,

$$\sigma_{max} = \frac{P_1}{bh} + \frac{\rho}{g}v^2 + \frac{Eh}{D} \pm 242 \cdot 10^4 \Delta t,$$

где b, h, v - соответственно ширина, толщина и скорость ножа; ρ - плотность материала ножа; D - диаметр шкива.

Окружная сила на ведущем шкиве

$$P_0 = P_1 - P_4 = (N - N_1)\,\eta / v,$$

где N - мощность на приводном валу механизма; N_1 - мощность, потребляемая другими механизмами машины; η - КПД привода механизма ленточного ножа.

Долговечность ножа определяется усталостными напряжениями, которые обусловлены переменными нагрузками.

5.1.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ И СБОРКИ ОБУВИ

Формование деталей и изделий осуществляется сжатием и растяжением. Для формования сжатием выполняется предварительное формование подошв, стелек, каблуков, задников, пяточной и носочной частей заготовок верха обуви, затянутых на колодку, следа обуви, а также тиснение и перфорация верха обуви. Формование растяжением осуществляется для операций обтяжки и затяжки носочной, геленочной и пяточной частей заготовки верха обуви на колодку. Находят применение также способы беззатяжного однопроцессного и вибрационного формования заготовки верха обуви на колодку.

Пяточная часть заготовок верха обуви. Ее предварительно формуют на машинах ЗФП-0, ЗФП-1-0, ФЗП-0, МФЗ-0, ПИГ-1 и ПИГ-2-0, а также на машинах 18 ТО фирмы Шен (Германия), РК фирмы УСМ (Австрия), 71/А фирмы Сидеко (Италия), 02162/Р2 фирмы Свит (Чехия) и др. Носочно-пучковую часть заготовок верха обуви рантового метода крепления формуют на агрегате АФНЗ-0, а носочно-пучковую и пяточную части - на машине ФНПЗ-1-0.

Детали обуви поштучно обрабатывает оператор: загружает и снимает заготовки верха, визуально контролирует качество выполнения операции.

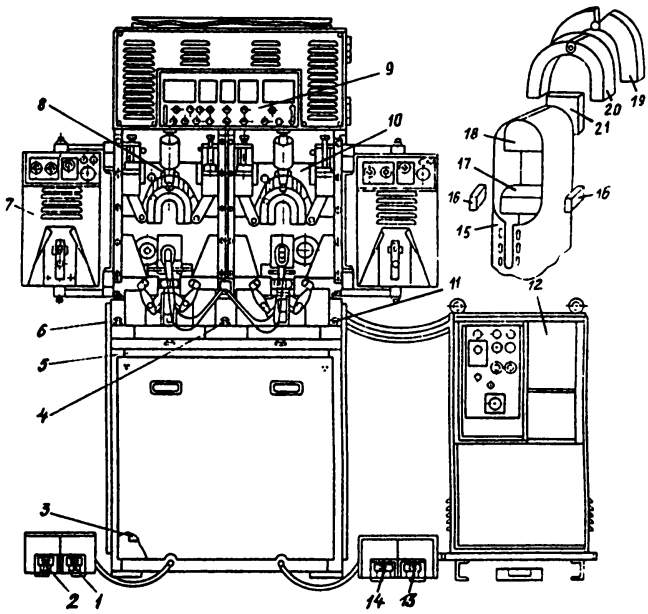


Рис. 5.1.9. Машина ЗФП-1-0 с термоустановкой и ее рабочие органы

На станине *5* двухсекционной машины ЗФП-1-0 установлены левая *8* и правая *10* секции, гидропривод *3* и электрооборудование. Справа и слева на машине прикреплены термоактиваторы *7* (рис. 5.1.9). На панели *9* расположены органы регулирования и сигнализации. Справа от машины расположена термоустановка *12*. В каждой секции находятся механизмы вытяжки, формования, пуансона, заднего упора и один гидропривод на две секции.

Механизмы левой секции включаются при последовательном нажатии на педаль *2*, ладонные кнопки *4* и *6*. Для включения механизмов правой секции - на педаль *14* и кнопки *4* и *11*. Педали *1* и *13* служат для возврата механизмов в исходные положения в любой момент цикла.

В исходном положении пуансон *18* и задний упор *21* выдвинуты на рабочего, боковые упоры *16* раскрыты, обойма *17* поднята, обжимная форма *20* и затяжные пластины *19* подняты и раскрыты. Заготовку верха *15* со вставленным задником сначала надевают на пуансон термоактиватора и значительно натягивают, после чего ее зажимают и разогревают. По истечении установленного времени (10 или 15 с) заготовку верха освобождают. Разогретую заготовку *15* надевают на пуансон *18* так, чтобы ее геленочная часть оказалась между обоймой *17* и боковыми упорами *16*, а край пяточной части заготовки верха касался заднего упора *21*.

После нажатия на педаль включения секции боковые упоры *16* сближаются и прижимают геленочную часть заготовки *15* к обойме *17* справа и слева. Затем обойма *17* и упоры *16* перемещаются вниз, вытягивая заготовку верха. По окончании вытяжки нажимают одновременно на две ладонные кнопки. Задний упор отходит, а заготовка верха вместе с пуансоном, обоймой и боковыми упорами перемещается вперед в зону формования. В конце хода заготовки начинают опускаться обжимная форма *20* и затяжные пластины *19*. Обжимная форма, сопрокасаясь с заготовкой верха, прижимает ее пяточную часть к пуансону, осуществляя формование, после чего затяжные пластины загибают затяжную кромку. Пуансон с большей силой прижимается к затяжным пластинам, подпрессовывая затяжную кромку. После выдержки в течение установленного времени формования рабочие органы машины возвращаются в исходное положение.

Пяточная часть заготовки верха сандальной обуви формуется с некоторым изменением в последовательности движения рабочих органов.

Основными показателями, характеризующими процесс формования деталей и узлов обуви сжатием, являются остаточная деформация, формоустойчивость, эластичность и жесткость. Оптимальный режим обработки определяют увлажнение, давление и температура исполнительных органов, время выдержки деталей и узлов обуви под давлением. Эти

параметры влияют на структуру, конструкцию и технико-экономические показатели машин.

Для обувных материалов между относительной деформацией сжатия ε и напряжением σ существует зависимость

$$\varepsilon = \alpha\sigma^m,$$

где α - коэффициент пропорциональности; $m = 0{,}77 \div 0{,}90$ - показатель степени.

Так как $m < 1$, то напряжения сжатия возрастают быстрее, чем деформация. При этом полная относительная деформация

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_у + \varepsilon_п + \varepsilon_в,$$

где $\varepsilon_у$ - упругая деформация, исчезающая при разгрузке; $\varepsilon_п$ - остаточная (пластическая) деформация; $\varepsilon_в$ - высокоэластичная деформация, исчезающая после разгрузки с течением времени.

При прочих равных условиях $\varepsilon_п$ увеличивается с возрастанием удельной нагрузки $q_у$ и влажности формуемого материала. Повышение температуры t рабочего формующего органа от 20 до 60 °С для подошвенной кожи позволяет увеличить остаточную деформацию от 60 до 90 %. Экспериментально получена зависимость

$$\varepsilon_п = t^{0{,}875}\, q_у^{0{,}25},$$

из которой следует, что величина $\varepsilon_п$ в большей степени зависит от t, чем от $q_у$. По способу приложения и значению развиваемой нагрузки механизмы можно разделить на группы: осуществляющие формование однократным нагружением без выдержки и с выдержкой детали или формуемого участка обуви под нагрузкой; с наложением временных связей, когда после снятия нагрузки осуществляется процесс релаксации напряжений в детали при некоторой постоянной деформации; осуществляющие формование с допрессовкой; осуществляющие формование многократным нагружением (виброформование).

Формование деталей и участков заготовки верха или низа обуви может осуществляться с использованием жестких матриц без прокладок, в жестких матрицах с эластичными прокладками сверху и снизу, между жесткой матрицей и упругой диафрагмой, в жестких матрицах с односторонней эластичной прокладкой.

В качестве рабочих органов для формования сжатием применяют пресс-формы, которые состоят из пуансона и матрицы. Выбор рациональной структурной схемы для формования требует анализа рабочего и силового режимов работы механизма.

Из заданных условий работы формования сжатием определяют силу на рабочем органе и колебание толщины формуемого изделия. Составляется принципиальная схема и определяются геометрические параметры и приращения деформаций для каждого звена. Если суммарное приращение деформации всех звеньев меньше толщины формуемого изделия, то деформация звеньев не компенсирует неравномерность толщины формуемого изделия. В этом случае необходимо или пересмотреть размеры звеньев механизма, или ввести в механизм упругое звено.

Машины для вставки блочков и крючков. Они предназначены для пробивания отверстий в берцах заготовок верха обуви, вставки и закрепления в них металлических блочков как с круглым, так и с фигурным (овальным, квадратным) венчиком. Блочки представляют собой стальную или латунную втулку, с одного конца которой имеется отбортовка (венчик). Для вставки блочков применяют машины ВБ-0, ВБ-1-0, ВБ-2-0 и ВБ-3-0 отечественного производства, 01058/Р1, 01198/Р2 и 01356/Р1 фирмы Свит (Чехия), 131 HL, 131N, 131HSO4A-P и 131HSO2A-KP фирмы Альбеко (Германия), а для крючков - машины ВК и ЛАЕ-2 отечественного производства. Все машины для вставки блочков имеют аналогичные основные механизмы, имеющие некоторые конструктивные особенности.

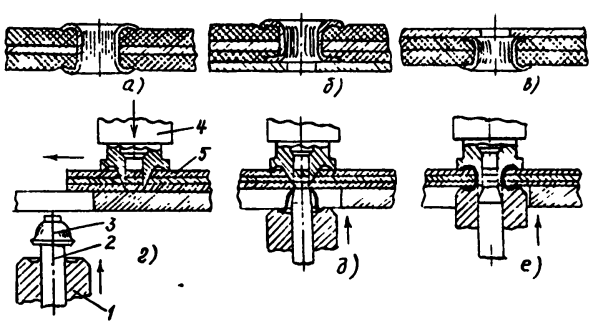


Рис. 5.1.10. Способы закрепления блочков (*а - в*) и процесс взаимодействия рабочих органов машин для вставки и закрепления блочков (*г - е*)

Существует три способа вставки блочков: наружный сквозной, наружный закрытый и внутренний закрытый. При наружном сквозном способе (рис. 5.1.10, *а*) блочки вставляют с лицевой стороны и расклепывают на подблочниках с внутренней стороны. При наружном закрытом способе (рис. 5.1.10, *б*) блочки вставляют с лицевой стороны, но расклепывают на межподблочнике, после чего расклепанную часть блочков закрывают подблочником. При внутреннем закрытом способе (рис. 5.1.10, *в*) блочки вставляют изнутри и расклепывают на межподблочниках. В этом случае расклепанную часть блочков закрывают с лицевой стороны берцами.

Рабочие органы машин для вставки и закрепления блочков взаимодействуют следующим образом. Пробойник-транспортер *4* (рис. 5.1.10, *г*), опускаясь, прорубает в берце *5* отверстие, продвигает берец на заданный шаг влево и останавливается на одной вертикальной оси с ловителем блочков. В момент начала перемещения берца пробойником-транспортером прижимная лапка поднимается, а после окончания движения берца опускается, удерживая его от произвольного смещения при вставке и расклепывании блочка. К этому времени канал подводит очередной (крайний) блочек *3* к ловителю *2*. Ловитель, поднимаясь вместе с матрицей *1*, входит в отверстие блочка, после чего канал отходит в сторону, оставляя блочек на ловителе. При дальнейшем подъеме ловитель подводит цилиндрическую часть блочка к пробитому отверстию в берце и, упираясь в пробойник, останавливается (рис. 5.1.10, *д*). Матрица, продолжая подниматься, нажимает на венчик блочка, и его цилиндрическая часть, входя в пробитое отверстие берца, расклепывается о фасонную поверхность пробойника (рис. 5.1.10, *е*). После этого пробойник-транспортер поднимается и отходит вправо, а матрица и ловитель опускаются в исходное положение. Затем цикл повторяется до тех пор, пока не будет освобождена педаль включения или не сработает механизм автоматического останова машины.

Машина ВБ-2-0 состоит из стола и головки, имеет механизмы пробойника-транспортера, подачи блочков, ловителя блочков и матрицы, прижимной лапки и привода.

Головка *4* (рис. 5.1.11) установлена на крышке стола. Под крышкой размещены электродвигатель, панель с электрооборудованием и пульт управления. В нижней части стола расположена педаль включения. Работа на машине осуществляется следующим образом. В барабан засыпают блочки и, вращая находящийся в барабане диск со щетками, заполняют блочками канал. Устанавливают необходимое число блочков, шаг транспортирования заготовки верха (расстояние между центрами блочков) и расстояние от края берца до центра блочков.

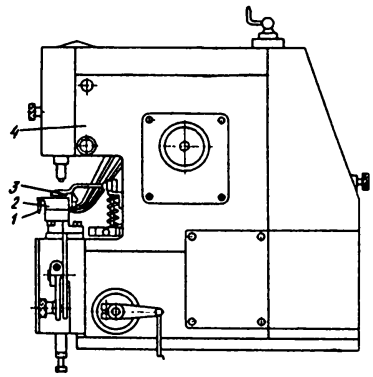


Рис. 5.1.11 Головка машины ВБ-2-0

Нажав пяткой на педаль, поднимают прижимную лапку и подводят под нее лицевой стороной вниз берец, прижимая его край к боковому упору *3*. После освобождения педали лапка опускается и прижимает берец к столику *2*. Затем, нажимая носком на педаль, включают машину. В дальнейшем технологическая операция выполняется машиной автоматически до тех пор, пока не сработает устройство, выключающее ее после вставки установленного числа блочков. После вставки блочков в один из берцев заготовки верха, нажимая пяткой на педаль, поднимают лапку, заготовку верха снимают со столика, оба берца складывают и шилом *1*, укрепленным под столиком, намечают через вставленный крайний блочек в берце место положения первого блочка в другом берце.

Второй берец укладывают на столик так, чтобы метка от шила совпала с пробойником-транспортером, и, нажимая носком на педаль, снова включают машину и вставляют блочки в другой берец.

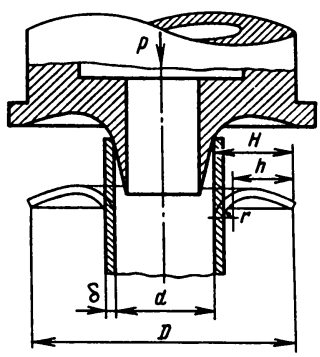


Рис. 5.1.12. Схема к расчету диаметра отогнутого борта блочки

Основными параметрами машины, обеспечивающими качество выполнения операции, являются силовые и геометрические характеристики пуансона для расклепывания блочка. Усилие, необходимое для расклепывания блочка цилиндрическим пуансоном (рис. 5.1.12)

$$P = \pi(D - d)\delta K_1\sigma_T \approx 1{,}5\pi(D - d)\delta\sigma_B;$$

$$K_1\sigma_T = (1{,}5 \div 2{,}0)\ \sigma_B,$$

где σ_T и σ_B - соответственно предел текучести и временное сопротивление разрыву материала блочка; K_1 - коэффициент, учитывающий упрочнение металла и наличие трения при отбортовке.

Степень деформации при отбортовке определяется отношением диаметра d отверстия к диаметру D отогнутого борта, называемым коэффициентом отбортовки, $K_0=d/D$. При предельном значении K_0 у края отогнутого борта появляются продольные трещины. Для холодной отбортовки заготовок из низкоуглеродистой стали K_0 = 0,85 ÷ 0,45 при значениях $\delta 100 / d = 1 \div 100$.

Для расклепываемого блочка диаметр D и высота отогнутого борта H, а также радиус закругления рабочих кромок определяются по формулам

$$D = d + \pi\,(r + \delta) + 2h;$$

$$H = \frac{D - d}{2} + 0{,}43r + 0{,}72\delta;$$

$$r = (3 \div 5)\ \delta.$$

Полное относительное удлинение крайних волокон блочек

$$\varepsilon_y = \left(2\frac{r}{\delta} + 1\right)^{-1}.$$

Непосредственно перед расклепыванием блочка пуансон пробивает отверстие в скрепляемых материалах. Часто сила пробивки бывает больше необходимой для расклепывания блочка. В этом случае требуется провести расчет на прочность пуансона. Напряжение на сжатие по наименьшему сечению для пробивки отверстия

$$\sigma_{сж} = K_2 L\Delta q / S \le [\sigma]_{сж},$$

где K_2 = 1,0 ÷ 1,3 - коэффициент, учитывающий влияние скорости пробивки, состояние режущих кромок, геометрии пуансона и т.д.; L - периметр пробивного отверстия; Δ - толщина скрепляемых материалов; q - сопротивление срезу при пробивке отверстия; S - площадь наименьшего поперечного сечения пуансона.

Свободная длина пуансона

$$l = \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{4nk\alpha\Delta q}},$$

где J - экваториальный момент инерции сечения пуансона; n = 2 ÷ 3 - коэффициент запаса.

Пуансоны изготовляют из инструментальной углеродистой стали У8А и подвергают термообработке.

Оборудование для затяжки обуви. Затяжка обуви производится клеевым, гвоздевым и комбинированным (клеевым и гвоздевым одновременно) методами.

Затяжка производится на машинах: для носочно-пучковой части - ЗНК-2М-0, ЗНК-3-0 отечественного производства, серии 630 фирмы Шен, PAL-G фирмы Интернационал (Германия), K-68SZ фирмы Черим (Италия), N4A/5BUPL фирмы БУСМК (Великобритания), 02160/P11 фирмы Свит (Чехия) и др.; для геленочной части - ЗКГ-0 и ЗКГ-2-0, 02169/P1 и 02169/P2 фирмы Свит, 66А фирмы Шен и др.; для пяточной части - ЗПК-3-0 и ЗПК-4-0, серии 640 фирмы Шен, ASHL-TT фирмы Интернационал, 02146/P2 фирмы Свит и др. Машины для клеевой затяжки имеют аналогичные основные механизмы.

Рассмотрим типовую машину ЗНК-2М-0 (рис. 5.1.13), которая предназначена для обтяжки и клеевой затяжки носочно-пучковой частим заготовки верха обуви с одновременным нанесением термопластического клея на стельку. На машине затягивают обувь клеевого, литьевого и гвоздевого методов крепления, а также метода горячей вулканизации низа всех видов, фасонов и размеров со сменой рабочих органов (затяжных пластин, клеенамазывающей и носочной обойм). На машине можно обрабатывать заготовки верха из кож

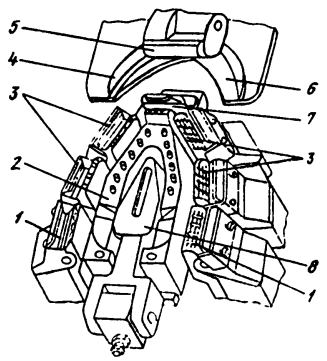


Рис. 5.1.13. Рабочие органы машины ЗНК-2М-0

барабанного и покрывного крашения (черные и цветные), из текстильных и искусственных материалов. Заготовки верха могут быть беспрокладочными или дублированными.

Заготовки верха обуви затягивают на деревянные, пластмассовые или металлические колодки. Заготовки верха перед затяжкой обрабатывают в термостате-увлажнителе, который установлен рядом с машиной, или в централизованной увлажнительной камере. В термостате-увлажнителе увлажняются заготовки верха обуви и размягчаются подноски.

Технологическая операция на машине выполняется следующим образом (рис. 5.1.13). Колодку с заготовкой верха устанавливают на стелечный упор *8* следом вниз, ее носовую часть вкладывают в раскрытые губки носочных клещей *7*. Полный цикл работы машины совершается за три такта. При первом нажатии на левую педаль носочные клещи закрываются. После контроля положения заготовки верха на колодке ее затяжную кромку вкладывают в раскрытые губки четырех боковых *3* и двух пусковых *1* клещей, второй раз нажимают на педаль. Все шесть клещей закрываются, зажимая заготовку верха, а через некоторое время стелечный упор *8* перемещается вверх, вытягивая ее. Если вытяжка заготовки верха недостаточна, то рукоятками дополнительно опускают клещи. Перекос заготовки верха на колодке устраняют также рукоятками. Для устранения значительных перекосов нажимают на коленный рычаг, стелечный упор опускается. После ликвидации перекосов коленный рычаг отпускают. Стелечный упор поднимается, вытягивая заготовку верха.

При третьем нажатии на педаль к колодке с заготовкой верха подходят носочный прижим *5* и пяточный упор, а клеенамазывающая обойма *2* перемещается к стельке. Через сопла обоймы на поверхность стельки наносится клей. Затем к колодке с заготовкой верха подходят носочная обойма *4* и затяжные пластины *6*. Носочная обойма прижимает заготовку верха к колодке. При движении затяжных пластин под стельку последовательно раскрываются носочные, боковые и пучковые клещи и опускается клеенамазывающая обойма. Пучковые клещи перед раскрыванием поворачиваются вокруг вертикальной оси, что улучшает расположение затяжной кромки заготовки верха на пучковой части стельки. В конце хода затяжных пластин опускается стелечный упор, а носочный прижим прижимает затяжную кромку к пластинам. Одновременно при движении затяжных пластин подается команда на реле времени. Через определенное время выдержки все рабочие органы машины возвращаются в исходное положение. С помощью правой педали можно возвратить рабочие органы в исходное положение в любой момент цикла.

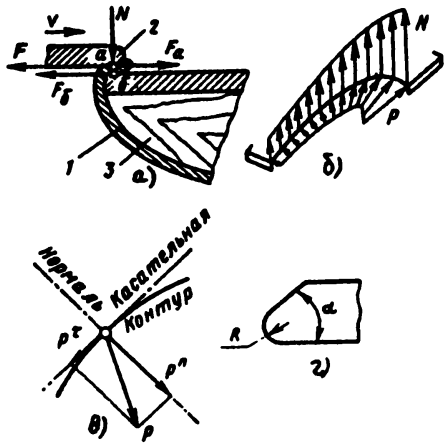


Рис. 5.1.14. Схемы к проектированию затяжных машин:
а - сил, действующих при затяжке заготовки верха обуви на колодке; *б* - эпюры сил прессования N и затяжки P, действующих на рабочую грань пластины; *в* - разложения сил затяжки P на составляющие P^n и $P^τ$; *г* - геометрия рабочей грани пластины

Машина состоит из головки, основания головки, блока клещей, основания, пяточного упора, клеенамазывающей обоймы, носочной обоймы, гидропривода и электрооборудования. Машина снабжена устройством для отсоса газов из рабочей зоны, которое присоединяется к цеховой вентиляции, и дополнительными клещами для подтягивания носочной части заготовки верха.

Для качественной затяжки заготовки *1* верха обуви пластиной *2* на колодку *3* (рис. 5.1.14, *а*) необходимо, чтобы

$$F_a > F_б + F;$$

так как

$$F_a = kN \text{ и } F_б = fN,$$

$$k > f + F / N,$$

где F_a - сила формования, приложенная со стороны пластины; $F_б$ - сила трения вытягиваемого участка заготовки о стельку *4*; N - сила прижатия пластины к затяжной кромке; F - сила сопротивления материала заготовки вытяжке; k - коэффициент сопротивления движению пластины с учетом вдавливания ее в материал затяжной кромки; f - коэффициент трения заготовки о стельку.

При любом соотношении F и N необходимо, чтобы коэффициент $k > f$. Частично это обеспечивается соответствующим выбором геометрии рабочей грани и обработкой рабочей плоскости пластин. Наибольших значений

силы прессования N и затяжки P достигают на центральных участках пластин (рис. 5.1.14, *б*), что объясняется более интенсивным процессом складкообразования в этих местах. Тангенциальная составляющая P^{τ} силы затяжки P (рис. 5.1.14, *в*) на центральных участках пластины способствует более равномерной качественной укладке складок затяжной кромки и ее прессование, но на боковых участках пластин P^{τ} сдвигает затягиваемый участок заготовки относительно пластин и колодки, ухудшая качество выполняемой операции.

Улучшение качества затяжки заготовки достигается выбором как соответствующей траектории движения точек рабочей грани пластин и характера их движения, так и геометрии рабочих граней. Основными параметрами геометрии рабочих граней являются радиус закругления R и угол α скоса рабочей грани (рис. 5.1.14, *г*). При затяжке заготовки только пластинами принимают R=0,4 и 0,8 мм и α соответственно 20 и 40° на центральных и боковых участках пластин. Если затяжка заготовки осуществляется с использованием дополнительных рабочих органов (клещей, упругого прижима затяжной кромки и т.д.), то принимают R = 1 мм, а угол α доводят до 90°.

Совмещение нескольких технологических операций на одной машине позволяет уменьшить число обслуживающих и улучшить качество обуви.

Оборудование для двухоперационной затяжки фирмы Черим (Италия) состоит из машин K-68SZ и CK-23SZ. Машина K-68SZ для обтяжки и клеевой затяжки носочно-пучковой части заготовок верха обуви клеем-расплавом имеет девять клещей. Положение заготовки верха в машине контролируется с помощью оптического устройства. Перед затяжкой носочно-пучковая часть заготовки верха увлажняется паром, а подносок активируется контактным нагревом в двухсекционном термостате-увлажнителе модели 528/2 фирмы Коголо (Италия). После увлажнения и активации носочную часть заготовки верха предварительно вытягивают настольными клещами, а затем устанавливают в машину.

На машине CK-23SZ одновременно формуется и затягивается пяточная часть гвоздями и геленочная часть клеем-расплавом. Пяточную часть заготовки верха обуви предварительно активируют горячим воздухом в термостате J/BS фирмы Коголо. Геленочную часть заготовки верха вытягивают плавающими пластинами клавишного типа, пяточную часть - обогреваемыми пластинами.

Система оборудования фирмы УСМ (Австрия) состоит из машин моделей UBMA-E и DVUZ-RB. Машина UBMA-E предназначена для формования и клеевой затяжки пяточной части верха обуви, комплектуется двумя термоактиваторами, каждый из которых имеет комплект клещей для предварительной вытяжки заготовок верха во время активации. Машина DVUZ-RB предназначена для обтяжки и клеевой затяжки носочно-пучковой и геленочной частей заготовок верха обуви, обеспечивает последовательно двухтактную (предварительную и окончательную) обтяжку заготовки верха с удалением излишков затяжной кромки.

Технологическая операция на машине осуществляется следующим образом. Заготовку верха устанавливают в машину, затяжная кромка зажимается семью клещами (рис. 5.1.15, *а*), после чего происходит вытяжка

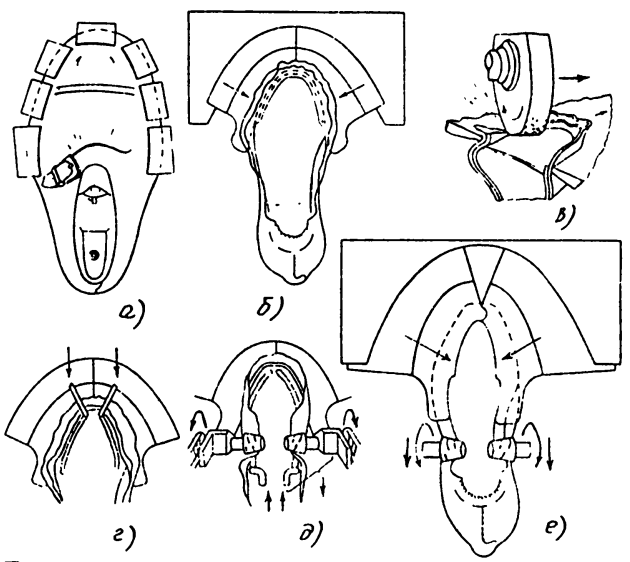


Рис. 5.1.15. Последовательность выполнения технологической операции на машине DVUZ-RB

заготовки на колодке. Положение заготовки верха на колодке можно регулировать рукоятками. После вытяжки заготовки верха клещами затяжные пластины сходятся, загибая затяжную кромку на стельку на 2 мм от края (рис. 5.1.15, *б*). При этом колодка с заготовкой верха зажимается пяточным упором и носочной формой. Затем клещи открываются и отходят, а вращающийся шлифовальный круг срезает излишки материала подноска и подкладки (рис. 5.1.15, *в*). После обрезки через сопла подается клей-расплав на носочно-пучковую (рис. 5.1.15, *г*) и геленочную (рис. 5.1.15, *д*) части стельки. Геленочная и пучковая части затягиваются двумя вращающимися роликами. Движением роликов вдоль следа (от носочной части к пяточной) автоматически управляют с помощью шаблонов, соответствующих контуру стельки и размерам обуви. Далее затяжные пластины из положения предварительной затяжки окончательно сходятся (рис. 5.1.15, *е*), полностью затягивая носочно-пучковую часть. После окончания операции колодка с затянутой заготовкой верха освобождается и падает в лоток.

Оборудование для автоматической двухоперационной затяжки заготовок верха обуви фирмы Шен (Германия), обслуживаемое одним оператором, состоит из следующих частей:

аппарата для активирования и увлажнения заготовки верха;

машины 630 LGM для клеевой затяжки носочно-пучковой и геленочной частей заготовок верха;

машины 640 TCTM для затяжки пяточной и геленочной частей заготовок верха гвоздями, клеем-расплавом или комбинацией гвоздей и клея-расплава;

робота 3310 для автоматической выгрузки затянутой обуви и подачи ее в установку для увлажнения и термофиксации;

установки 333R для увлажнения и термофиксации обуви.

Работа электрогидравлической машины 630 LGM может быть запрограммирована на обработку 99 моделей детской, женской и мужской обуви. Работой машины управляет микропроцессор. Все движения рабочих органов программируются и записываются индивидуально, что обеспечивает повторение ранее проведенных операций. Работа машины по программе может воспроизводиться на дисплее, при этом программу можно корректировать или дополнять. Машина может быть оснащена 9, 7 или 5 парами быстрозаменяемых клещей. В исходном положении клещи находятся над затяжными пластинами, что позволяет клещам зажимать заготовки верха маленьких размеров.

Для обработки левой и правой полупар положение затяжных пластин устанавливается автоматически, что позволяет производить операцию затяжки без предварительной ориентации колодки с заготовкой верха в машине. Обойма для нанесения клея на правую или левую полупару также устанавливается в машине автоматически. Положение колодки с заготовкой верха в машине можно регулировать рукоятками. Клещи расположены на поворотной плите, что обеспечивает многоступенчатую обтяжку заготовки верха. Машина может работать с клеем в виде прутка или гранул. Производительность машины свыше 1500 пар в смену, габаритные размеры 800 × 1200 × 1600 мм, масса 750 кг.

Работу электрогидравлической машины 640 TCTM также можно программировать на обработку 99 различных моделей. Запоминающее устройство может быть расширено для хранения 999 моделей. Исходными данными, на основании которых составляется программа, являются:

высота приподнятости пяточной части обуви;

положение опоры носочной части по высоте и длине;

длина хода сопл для нанесения клея.

Данные о модели и размере, а также об обработке правой или левой полупары автоматически передаются от машины 630 LGM или считываются с колодки посредством кодирующего устройства. Работа машины 640 TCTM управляется микропроцессором.

При использовании робота после формования задника заготовка верха помещается на ленточный конвейер для активации. Затем оператор снимает активированную заготовку верха и колодку и устанавливает их на машину 630 LGM, где затягиваются носочная и пучковая части. После окончания обработки на машине 630 LGM оператор снимает колодку с заготовкой верха и устанавливает ее на опорную стойку машины 640 TCTM для затяжки пяточной и геленочной частей заготовки. Одновременно все данные (модель, размер, левая и правая полупара) будут переданы от машины 630 LGM в блок управления машиной 640 TCTM, в результате чего машина 640 TCTM автоматически переналадится на обработку требуемых модели и фасона.

После окончания затяжки опорная стойка с колодкой выдвигаются из машины, колодка с заготовкой верха снимается роботом и устанавливается на ленточный конвейер, работающий синхронно с затяжными машинами. Конвейер транспортирует колодку с затянутой заготовкой верха через установку для увлажнения и термофиксации. Затянутая на колодку заготовка роботом загружается в программируемый CNC-аппарат для взъерошивания затяжной кромки. В зависимости от сложности модели производительность автоматической системы двухоперационной затяжки составляет 1000 - 1400 пар в смену.

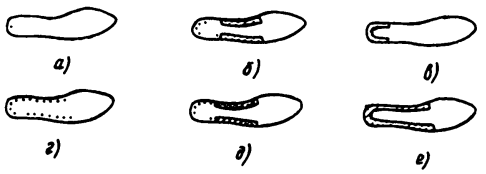


Рис. 5.1.16. Затяжка пяточной части заготовки верха обуви на машинах типа 640

Помимо машины 640 ТСТМ фирма Шен производит целую серию электрогидравлических машин на базе машины типа 640:

640 Т для гвоздевой затяжки пяточной части заготовки верха 15-23 гвоздями (рис. 5.1.16, *а*);

640 ТС для гвоздевой затяжки пяточной и геленочной частей заготовки верха клеерасплавом с помощью четырех пар затяжных клавишей (рис. 5.1.16, *б*);

640 С для клеевой затяжки пяточной части заготовки верха (рис. 5.1.16, *в*). Клей наносится разбрызгиванием;

640 ТТ для гвоздевой затяжки пяточной и геленочной частей заготовок верха обуви (рис. 5.1.16, *г*);

640 ТСТ для гвоздевой затяжки пяточной части и комбинированной затяжки геленочной (рис. 5.1.16, *д*). Особенностью машины является дополнительное прикрепление затяжной кромки гвоздями после клеевой затяжки;

640 СС для клеевой затяжки пяточной и геленочной частей заготовок верха обуви (рис. 5.1.16, *е*).

Машины 640 ТС, 640 ТТ, 640 ТСТ и 640 СС могут использоваться для двухоперационной затяжки в комплекте с машинами для клеевой затяжки носочно-пучковой части заготовок верха обуви, а машины 640 Т и 640 С - с машинами для затяжки носочно-пучковой и геленочной частей заготовок верха. Механизм забивания гвоздей в машинах типа 640 гидравлический. Базовую модель можно комплектовать устройствами, позволяющими забивать гвозди вертикально или с наклоном. Затяжная кромка может отлаживаться один или два раза. Все параметры технологической операции регулируются бесступенчато с помощью гидравлических клапанов.

Оборудование для приклеивания подошв. Оборудование (прессы) предназначено для приклеивания быстросхватывающим клеем подошв к следу затянутой на колодку заготовки. На прессах приклеивают кожаные, кожеподобные, резиновые и другие подошвы обуви всех размеров и фасонов.

Применяются прессы ПСО-0, ППГ-4-0 и ППГ-5-0 отечественного производства, РК (DVSK-RS) фирмы УСМ (Австрия), серии 756/S фирмы Сигма (Италия), № 3 фирмы БУСМК (Великобритания), 1-2/RS фирмы Деско (Германия), 04353/P2 фирмы Свит (Чехия) и др.

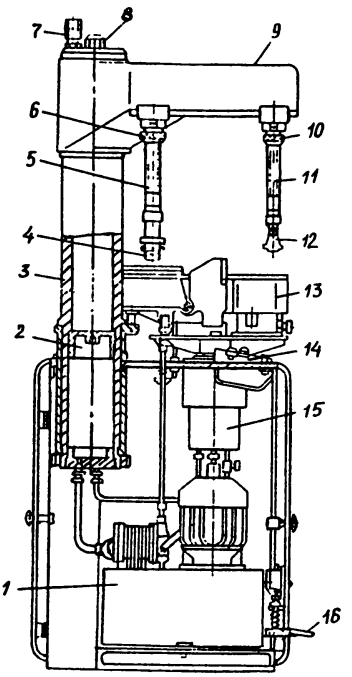


Рис. 5.1.17. Пресс ППГ-4-0

На рис. 5.1.17 приведена схема электрогидравлического двухсекционного пресса типа ППГ-4-0. Секции пресса могут работать как поочередно, так и одновременно.

Работой пресса управляют с помощью двух педалей *16*, установленных на передней дверце, или ладонных кнопок, расположенных на пульте *14*. Аварийное включение перемещения пресс-подушек вверх и возврат их в исходное положение производят клавишами с пульта. Время прессования подошв контролируется и регулируется реле времени, которое для каждой секции настраиваются независимо одно от другого. Рабочими органами пресса являются пресс-подушки *13*, носочные *4* и пяточные *12* упоры.

Технологическая операция на прессе выполняется следующим образом. Подошву после термоактивации клеевой пленки накладывают на след, обувь устанавливают следом вниз на пресс-подушку *13*. Нажимая на педаль или ладонную кнопку, включают соответствующую секцию. Каблучный прижим пресс-подушки зажимает обувь, после чего пресс-подушка перемещается вверх до прижатия колодки с обувью к упорам *4* и *12*. После этого возрастает давление в гидроцилиндре подъема, давление прессования передается через эластичные элементы пресс-подушки на подошву и след обуви. После окончания прессования реле

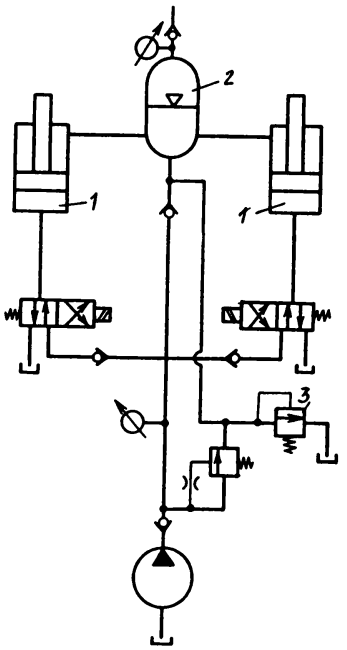


Рис. 5.1.18. Принципиальная схема гидропривода пресса ППГ-4-0

времени выключает пресс. Пресс-подушка с обработанной обувью опускается, каблучный прижим возвращается в исходное положение, полупару с приклеенной подошвой снимают. Цикл работы секции заканчивается.

Обувь больших размеров обрабатывают с применением сдвоенного пяточного упора. Для обработки обуви с высокими голенищами на пресс устанавливают откидной пяточный упор. Подошвы к гусарикам и дошкольной обуви приклеивают с помощью качающегося рычажного упора.

Станина пресса состоит из основания, колонки-аккумулятора *3* и траверсы *9*. Основание представляет собой шкаф сварной конструкции. Колонка-аккумулятор *3* представляет собой трубу, внутри которой расположен поршень *2*, делящий ее на две полости. Верхняя полость колонки через обратный клапан *8* наполняется воздухом или азотом под давлением 0,4 ÷ 0,6 МПа, контролируемым по манометру *7*. Пресс-подушка *13* установлена на штоке поршня гидроцилиндра *15*. При подаче масла из маслобака в нижнюю полость гидроцилиндра *15* пресс-подушка *13* поднимается, а при поступлении масла в верхнюю полость опускается. Носочный и пяточный упоры установлены на винтах *13* штанг упоров. При освобождении гаек *10* штанги с упорами можно переместить вдоль траверсы *9* и установить на требуемый размер обуви. Вертикальное положение упоров по размеру колодки регулируют, вращая винты *5* и фиксируя гайками *6*. Конструкция пресс-подушек зависит от вида обрабатываемой обуви. На прессе применяют пресс-подушки ПП-1, ПП-2, ПП-3 и ППВ-1.

Гидропривод пресса работает по дифференциальной схеме: перемещение поршня по одному из направлений может осуществляться при одинаковых давлениях в обеих полостях за счет разности площадей поршня (рис. 5.1.18).

Сила, действующая на поршень цилиндра *1* со стороны штока,

$$P_{ш} = P_{кл}\frac{\pi\left(D^2 - d^2\right)}{4},$$

где D - диаметр цилиндра; d - диаметр штока; $P_{кл}$ - давление настройки предохранительного клапана *3*.

Сила подъема штока с пресс-подушкой со стороны поршня

$$P_{п} = p_a\left[\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi\left(D^2 - d^2\right)}{4}\right] = p_a\frac{\pi d^2}{4}.$$

Сила прессовки

$$P_{пр} = p_{н}\frac{\pi d^2}{4} - F,$$

где $p_{н}$ - давление настройки напорного золотника; F - сила на преодоление сопротивления трения и веса штока с пресс-подушкой.

Диаметр поршня без учета потерь на трение и противодавление

$$D = \sqrt{4P_{с}/(\pi p)},$$

где $P_{с}$ - сила сопротивления на штоке цилиндра; p - рабочее давление жидкости в гидросистеме.

Рассмотрим движение поршня при условиях: силы вязкого трения, зависящие от скорости перемещения поршня цилиндра и утечки масла, отсутствуют, а потери давления по длине трубопровода определяются местными сопротивлениями; сжимаемость жидкости, деформация трубопроводов и цилиндра пренебрежимо малы; открытие золотника происходит мгновенно, а предохранительный клапан на входе в гидросистему или гидропневмоаккумулятор 2 поддерживает постоянное давление при переходных процессах; нагрузка на поршне гидроцилиндра остается постоянной. Тогда

$$m\frac{dx^2}{dt^2} = S_1p_1 - S_2p_2 - F_c,$$

где m - масса движущихся деталей исполнительного механизма машины с учетом наличия масла в гидроцилиндре и трубопроводах, приведенных к поршню гидроцилиндра; S_1 и S_2 площади поршня соответственно в напорной и силовой полостях цилиндра; p_1 и p_2 - давление масла в указанных полостях; x - текущее значение координаты штока; F_c - суммарная сила сопротивления, приведенная к поршню.

Продолжительность движения поршня

$$t = \frac{1}{\sqrt{qk}} \ln \frac{1+\sqrt{1+e^{-kx}}}{1-\sqrt{1-e^{-kx}}},$$

где $q = \dfrac{2(S_1P_п - P_c)}{m}$;

$$k = \frac{\rho}{m}\left(\frac{S_1^3}{S_3^2}\sum k_н + \frac{S_2^3}{S_4^2}\sum k_{сл}\right),$$

где ρ - плотность масла; S_3 и S_4 - площади сечений трубопроводов соответственно в напорной и сливной магистралях; $\sum k_н$ и $\sum k_{сл}$ - суммарные коэффициенты сопротивлений соответственно напорной и сливной магистралях.

Средняя потребность масла за цикл

$$Q_ц = \frac{\sum Q_i t_i}{t_ц \eta_0}\kappa_з,$$

где Q_i - расход масла в интервале времени t_i; $t_ц$ - продолжительность цикла работы пресса; η_0 - объемный КПД сети, учитывающий потери объема масла за счет утечек в сети; $\kappa_з$ - коэффициент запаса по расходу; $\kappa_з = 1{,}2 \div 1{,}3$.

Полезная мощность, отдаваемая насосом в гидросистему,

$$N_п = PQ_ц.$$

Мощность электродвигателя привода насоса

$$N_{эл} = PQ_ц / \eta_п,$$

где $\eta_п$ - полный КПД насоса.

Внутренний диаметр трубопровода

$$d_{тр} = 0{,}036\sqrt{Q/v_ж},$$

где Q - расход рабочей жидкости; $v_ж$ - скорость жидкости; $v_ж \le 2 \div 4$ м/с.

Рабочий объем жидкости в гидросистеме (при условии, что его нагрев не превзошел допустимой величины)

$$v_ж = \sqrt{\left[\frac{\theta}{4(t-t_0)}\right]^3} \quad \text{при } \theta = 0{,}98\frac{PQ_ц t}{\eta_м},$$

где θ - максимальное количество теплоты, выделяющейся в гидросистеме; t - продолжительность работы привода; t, t_0 - температура соответственно масла и окружающей среды; $\eta_м$ - механический КПД насоса.

Одним из основных технологических факторов, определяющих качество приклеивания подошв, является равномерность распределения давления по площади приклеивания. Основными конструктивно-технологическими параметрами, влияющими на распределение давления по площади склеивания, являются тип, форма, размеры и физико-механические свойства материала пресс-подушки и подошвы, величина и способ приложения усилия прессования.

Развивающиеся в процессе прессования давления (рис. 5.1.19, *а*) определяют усилия на колодку:

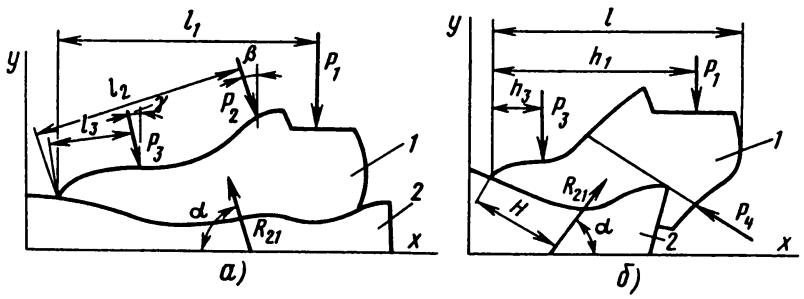


Рис. 5.1.19. Схемы действия сил на колодку (*а*) и на каблучный упор (*б*)

$$R_{21} = \sqrt{(P_2 \sin\beta + P_3 \sin\gamma)^2 + (P_1 + P_2 \cos\beta + P_3 \cos\gamma)^2};$$

$$\alpha = \frac{P_2 \sin\beta + P_3 \sin\gamma}{\sqrt{(P_2 \sin\beta + P_3 \sin\gamma)^2 + (P_1 + P_2 \cos\beta + P_3 \cos\gamma)^2}};$$

$$H = \frac{P_1 h_1 + P_2 h_2 + P_3 h_3}{\sqrt{(P_2 \sin\beta + P_3 \sin\gamma)^2 + (P_1 + P_2 \cos\beta + P_3 \cos\gamma)^2}}.$$

Наиболее равномерное давление по поверхности склеивания обуви на высоком каблуке с "крокулем" (рис. 5.1.19, *б*) достигается, когда $P_4 = (0{,}15 \div 0{,}3)\ (P_1 + P_3)$; $h_1 = (0{,}9 \div 0{,}7)l$ и $h_3 = (0{,}1 \div 0{,}2)l$. Значения сил P_1, P_2, P_3 и их направления определяются экспериментально.

Скорость перемещения поршня

$$v = \sqrt{\frac{q}{k}\left(1 - e^{-kx}\right)}.$$

Приведенная масса жидкости к поршню цилиндра без учета ее упругости

$$m_ж = \sum_{i=1}^{n} m_{жi}\left(\frac{D}{d_{тр\,i}}\right)^4,$$

где $m_{жi}$ - масса жидкости в i-м участке трубопровода; D - диаметр цилиндра; $d_{тр\,i}$ - диаметр i-го участка трубопровода.

Глава 5.2

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБУВИ

5.2.1. ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБУВИ КЛЕЕВЫМ МЕТОДОМ

Полуавтоматические линии предназначены для производства мальчиковой, девичьей, женской и мужской обуви клеевого метода крепления низа на деревянных или пластмассовых сочлененных колодках. На линии обрабатывается обувь: с подкладкой, бесподкладочная повседневная, для активного отдыха, круглосезонная и осенне-весенняя (туфли и полуботинки на среднем и низком каблуках).

На рис. 5.2.1 приведена полуавтоматическая линия ПЛК-3-0, на которой применяются:

заготовка верха с предварительно отформованной пяточной частью со вставленным задником, приклеенным к материалу верха и подкладке, сдублированной с верхом;

отформованные стельки в виде собранного блока с полустелькой и супинатором;

клей термопластичный с температурой плавления не выше 245 °С на всех обтяжно-затяжных операциях;

клей наиритовый полихлоропреновый на операциях намазки следа обуви;

подошвы, промазанные по периметру термопластичным клеем.

При производстве обуви с высотой берцев 70 ÷ 135 мм отключается механизм сброса обуви.

Полуавтоматическая линия состоит из транспортирующего устройства в виде вертикально замкнутого конвейера пульсирующего действия, пульта управления, гидропривода и технологического оборудования, установленного в линии в порядке выполнения технологических операций, начиная от накладывания

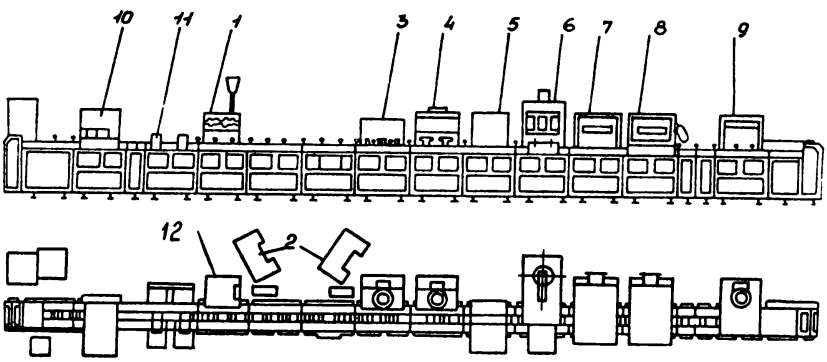


Рис. 5.2.1. Полуавтоматическая линия ПЛК-3-0

стельки на след колодки и заканчивая съемом обуви с колодок. Колодки установлены на площадках-спутниках, которые перемещаются от операции к операции и точно фиксируются относительно рабочих органов автоматов. Площадки спутников, снабженные призматическими направляющими, автоматически перегружаются с конвейера на автоматы специальными захватами.

Управление всеми механизмами и устройствами осуществляется автоматически при помощи командоаппаратов. Каждый командоаппарат состоит из смонтированного на плите кулачкового вала и гидрораспределителя управления. Для установки на спутнике колодка армирована втулкой, которая закреплена на колодке штифтом и винтом. Там, где требуется расфиксация и фиксация колодки на спутнике, устанавливается специальный копир. Когда необходимо снять колодку на любом месте линии, нажимают рукой на рычаг спутника.

Состыкованные передние части станин и отдельных секций образуют конвейерную раму с направляющими, по концам которой устанавливаются приводная и натяжная станции.

Внутреннее пространство конвейерной части каждого автомата и секций разделено теплоизоляционными щитами на верхнюю и нижнюю зоны. Нижняя зона является сушильной камерой, в которой на специальных кронштейнах укреплены воздуховоды. В верхней зоне расположены командоаппараты, которые соединены между собой и с приводом валами-вставками и соединительными муфтами, образуя единый распределительный вал линии.

Оператор пульта управления *1* ПУ-3 линией прикрепляет к колодке стельку, надевает на колодку заготовку верха и устанавливает ее на площадку-спутник, после чего ходовая часть конвейера движется на одну позицию. На позиции *2* второй оператор, сняв колодку с площадки-спутника, увлажняет заготовку верха в термоувлажнителе Т-0, затягивает носочно-пучковую часть заготовки верха на отдельно стоящей машине ЗНК-3-0. Затем вновь устанавливает колодку с заготовкой верха на площадку-спутник, которая перемещается дальше.

На позиции *3* происходит автоматическая клеевая затяжка геленочной части заготовки верха обуви на двухсекционном автомате АГ-3-0. При этом хвостовики площадок-спутников заходят в пазы механизмов захвата, а площадки-спутники перемещаются с ходовой части линии в рабочую зону автомата. Клещевой механизм опускается, расправляя затяжную кромку заготовки верха, на которую наносится термопластичный клей, затем колодки движутся, а горячие затяжные пластины затягивают геленочную часть заготовки. По окончании движения пластин затяжная кромка заготовки верха подпрессовывается горячими пластинами и выдерживается под давлением.

По окончании операции рабочие органы автомата возвращаются в исходное положение, а колодки перемещаются на позицию *4* к двухсекционному автомату АП-3-0 для клеевой затяжки пяточной части заготовки верха. При этом пяточные матрицы обжимают пяточную часть заготовки верха, наносится термопластичный клей, а горячие затяжные пластины затягивают ее, после чего затяжная кромка подпрессовывается горячими затяжными пластинами и выдерживается под давлением. После выполнения затяжки колодки перемещаются на позицию *5* и на двухсекционном автомате СФ-0 формуется след обуви. На позиции *6*, на установке ТФ-0 осуществляется влажно-тепловая обработка обуви в увлажнительной и сушильной камерах, и через 4,5 мин обработанная обувь возвращается в исходное положение.

На позиции *7* на двухсекционном автомате АВ-6-0 взъерошивается затяжная кромка в пучково-геленочной части с наружной стороны и в пучковой - с внутренней стороны. На позиции *8* установлен двухсекционный автомат АВ-7-0, на котором взъерошивается затяжная кромка в носочной и пяточной частях, а также в геленочной с внутренней стороны. Разделение операции взъерошивания на два этапа позволяет получить поверхность высокого качества и обрабатывать обувь с широким носком. Инструментом для этой операции являются вращающиеся барабанчики с набором шарошек.

На позиции *9* происходит намазка клеем следа затянутой обуви методом печатания на двухсекционном автомате АН-5-0. Колодки с обувью транспортируются на нижнюю ветвь конвейера в сушильную камеру для сушки клеевой пленки подогретым воздухом. После сушильной камеры на верхней ветви конвейера на позиции *10* третий оператор накладывает на след обуви простилки и подошвы, предварительно активируя клеевые пленки на термоактиваторе ТА-0. На позиции *11* на прессе ПК-3-0 подошвы приклеиваются к следу обуви. На позиции *12* автомат АС-3-0 снимает обувь с колодок. Этой операцией завершается процесс сборки обуви, и колодка вновь подходит к первому оператору.

В линии предусмотрена блокировка исполнительных механизмов автоматов АГ-3-0 и АП-3-0, а также пресса ПК-3-0 в случае подачи на них площадок-спутников без колодок. Производительность линии определяется продолжительностью рабочего цикла:

$$Q = \frac{1}{t_л} = \frac{1}{t_р + t_1 + t_2},$$

где $t_л$ - рабочий цикл линии - интервал времени, за который заканчивается обработка

одного изделия; $t_р$ - время, затрачиваемое на рабочий ход, т.е. на непосредственную обработку изделия; t_1 - затраты времени на выполнение операций, повторяющихся при каждом цикле обработки изделия на каждой машине и автомате; t_2 - затраты времени на выполнение внецикловых операций.

5.2.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБУВИ ЛИТЬЕВЫМ МЕТОДОМ И МЕТОДОМ ГОРЯЧЕЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ

Литьевой метод. Применение оборудования для изготовления цельноформованной обуви или ее деталей литьевыми методами из высокополимерных материалов позволяет получать изделия высокой точности при небольших затратах и высокой производительности труда. При литьевых методах сокращается число операций и, следовательно, весь процесс изготовления обуви, а также количество отходов, причем отходы в большинстве случаев можно вновь переработать.

Наиболее распространены литьевые методы при формовании деталей низа обуви или при одновременном формовании и прикреплении низа обуви к затянутой на колодку заготовке верха. При литьевых методах изготовления деталей обуви формование обеспечивает изготовление твердой детали из бесформенного (в виде жидкости, гранул и т.п.) материала путем создания химической связи между его частицами. В качестве исходных материалов чаще всего используют смеси гранулированного или порошкообразного поливинилхлорида (ПВХ), жидкие композиции полиуретанов (ПУ) и пасты ПВХ, термоэластопласты (ТЭП), а также каучуковые смеси. Для переработки этих материалов применяют соответственно методы литья под давлением, литья и литьевого прессования.

Литьевые машины разнообразны по конструкции, однако можно выделить ряд механизмов и устройств, наличие которых характерно для большинства литьевых машин: устройства для дозирования, нагревания и плавления исходного материала; устройство впрыска или заливки расплава или смеси в пресс-форму; механизм для удаления готовых деталей; механизм замыкания-размыкания пресс-формы; привод. Первые три устройства обычно объединены в один блок - литьевую головку (смесительная головка для жидкого формования). Механизмы и устройства для смыкания пресс-формы, удержания их в замкнутом состоянии и размыкания конструктивно объединены в блок замыкания пресса.

При изготовлении обуви или ее деталей из материалов, имеющих различный цвет, применяют машины с двумя или тремя литьевыми головками.

Литьем под давлением получают цельноформованную обувь методом литья под давлением на машинах U-76 и U-78 фирмы Унион (Италия). Для литья низа обуви непосредственно на заготовку верха используют машины 701, 702, 704, 752 фирмы Десма (Германия), машины 100470/P2, 100484/P1 (Чехия) и др. В зависимости от конструкции машины могут иметь 2 - 14 пресс-форм.

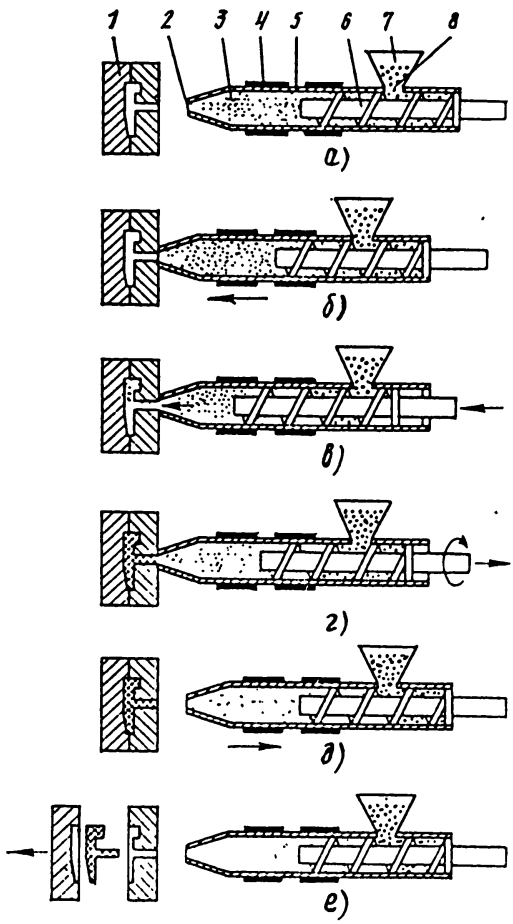


Рис. 5.2.2. Принцип действия машины для литья под давлением

После закрывания пресс-формы (рис. 5.2.2, *а*) литьевая масса *8* из бункера *7* через дозирующее устройство поступает в цилиндр *5*, в котором она нагревается и пластицируется до требуемой вязкости. Пластикация достигается как за счет подвода теплоты от электронагревателей *4*, так и в результате выделения теплоты от трения массы о витки вращающегося винтового вала *6*, который не только нагревает материал, но и перемешивает его. В пространстве между винтовым валом, внутренней поверхностью цилиндра и боко-

выми стенками винта масса перемещается к соплу *2*.

За время пластикации цилиндр движется к закрытой пресс-форме *1* (рис. 5.2.2, *б*) и подводит сопло *2* к ее литниковому отверстию. Пластицированная масса *3* скапливается перед закрытым соплом *2* и отжимает назад винтовой вал *6*. Винтовой вал движется вперед (рис. 5.2.2, *в*) и, работая как поршень, выдавливает в пресс-форму через открывшееся сопло пластицированную формовочную массу в соответствии с объемом изготовляемой детали. Давление, необходимое для литья формовочной массы, должно поддерживаться в течение некоторого времени и после окончания заполнения пресс-формы для выравнивания усадки, возникающей вследствие охлаждения формовочной массы по всему объему.

По истечении времени выдержки под давлением сначала отходит от пресс-формы винтовой вал (рис. 5.2.2, *г*), а потом цилиндр (рис. 5.2.2, *д*). Масса в пресс-форме охлаждается и отверждается, после чего пресс-форма открывается (рис. 5.2.2, *е*) и готовая деталь выбрасывается или вынимается из нее. За время отхода цилиндра и охлаждения детали происходит пластикация новой порции литьевой массы для следующего цикла (рис. 5.2.2, *г*).

Работа на литьевой машине для одновременного формования и прикрепления к заготовке верха деталей низа из ПВХ происходит в такой последовательности (рис. 5.2.3): *1* - сборка заготовки верха; *2* - затяжка заготовки верха; *3* - подготовка заготовки верха к литью подошвы (взъерошивание затяжной кромки, иногда нанесение клея); *4* - надевание заготовки верха на металлическую колодку литьевой машины; *5* - перемещение поворотного стола на одну позицию, закрывание формы; *6* - подход закрытой пресс-формы с заготовкой верха к соплу литьевой головки и впрыск пластицированного материала, охлаждение подошвы за время нескольких тактов поворота стола; *7* - контроль качества, устранение дефектов; *8* - снятие обуви с колодки; *9* - отделка обуви.

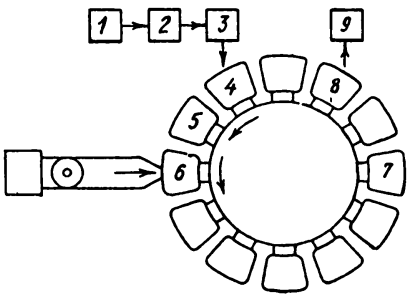


Рис. 5.2.3. Схема технологического процесса литья под давлением подошвы из ПВХ на заготовку верха обуви

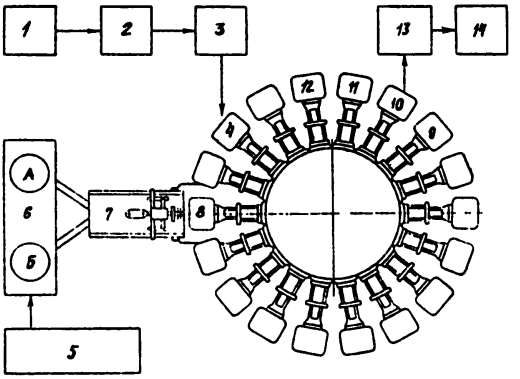


Рис. 5.2.4. Схема технологического процесса литья подошвы из полиуретана на заготовку верха обуви

Для литья обуви и ее деталей из полиуретановых смесей применяют машины 1511, 1512, 1513 и 1514 фирмы Десма (Германия), U-77 фирмы Унион (Италия). При литье поливинилхлорида не происходит его предварительного расплавления с последующим отверждением и исходные продукты перед переработкой расплавляют или гомогенизируют, вводят красители, катализаторы и др. (рис. 5.2.4).

Компоненты системы ПУ (*А* - полиольный и *Б* - изоцианатный) до переработки подогревают в термостате *6*, затем их подают в агрегат вспенивания *7* с дозирующим насосом, смесительной камерой и соплом.

Технологический процесс изготовления низа обуви из полиуретана состоит из следующих операций: *1* - сборка заготовки верха; *2* - затяжка заготовки верха; *3* - взъерошивание затяжной кромки заготовки верха; *4* - надевание заготовки верха на металлическую колодку литьевой машины; *5* - подготовка компонентов; *6* - подогревание компонентов в термостате; *7* - вспенивание компонентов в смесительной камере агрегата; *8* - подача закрытой пресс-формы к агрегату вспенивания; *9* - извлечение готовой обуви из пресс-формы, контроль качества литья и удаление выпрессовок; *10* - снятие обуви после второго поворота стола при использовании сдвоенных колодок; *11* - прочистка разводящих каналов пресс-форм; *12* - нанесение смазки на пресс-форму для предохранения от прилипания ПУ к стенкам; *13* - пролежка обуви; *14* - отделочные операции.

В состав литьевого агрегата U-77/2P фирмы Унион входят карусельный 14-позиционный стол, две литьевые головки, пульт управления, гидрооборудование и холодильная установка для охлаждения форм. На агрегате обеспечиваются автоматический и ручной режимы работы, возможность индиви-

дуального управления каждой пресс-точкой. Имеется устройство для промазывания следа и боковой поверхности заготовки верха. Привод агрегата гидромеханический. Для получения двухцветной подошвы на агрегате применена оригинальная конструкция пресс-форм.

Агрегат U-77/2P позволяет осуществлять высокопроизводительный процесс изготовления разных видов обуви (спортивной, рабочей, утепленной и т.д.) с двухцветным низом из термопластических материалов. По сравнению с оборудованием аналогичного назначения фирм Десма, Оттогали агрегат U-77/2P имеет камеру впрыска большей вместимости (до 950 г), в 1,3 раза большую силу замыкания пресс-форм и занимает меньшую производственную площадь.

Установка 1511/18 фирмы Десма предназначена для изготовления и прикрепления к обуви эластичного пористого низа из полиуретана методом литья (рис. 5.2.5). Установка имеет 18 позиций. Основание установки состоит из трех опор *2* и центральной колонны *3*, на которой установлены поворотный стол *5* и энергораспределитель *6*. Стол *5* имеет привод, состоящий из электродвигателя, клиноременной передачи и механизма поворота. Механизм поворота представляет собой кривошипный диск с двумя роликами, входящими в радиальные пазы круглой плиты, приваренной снизу к поворотному столу. Поворот кривошипного диска на угол 180° обеспечивает поворот стола на одну позицию, а останов стола осуществляет тормозное устройство. Автоматическое управление работой установки происходит с помощью кулачков, воздействующих при повороте на конечные выключатели каждой рабочей позиции. Энергораспределитель *6* служит для подачи горячей (отвода холодной) воды, сжатого воздуха и электроэнергии к формоносителям.

Стальной лист *1* соединяет основание установки с литьевым агрегатом. Под листом проходит пневмопривод, по которому к основанию подается сжатый воздух от литьевого агрегата.

На формоносителе *4* устанавливают части пресс-формы: колодки, две полуматрицы, пуансон и механизмы, приводящие их в движение. Колодка прикреплена к головке, которая может поворачиваться на угол 180° из верхнего положения в нижнее (рабочее). На головке может быть одновременно закреплено две колодки. Колодка с надетой заготовкой верха в зоне обслуживания занимает рабочее положение, полуматрицы смыкаются, образуется полость, ограниченная следом колодки, внутренними боковыми поверхностями полуматриц и верхней поверхностью пуансона. В эту полость впрыскивается материал, после чего пуансон поднимается и перекрывает вводной канал, что препятствует выходу из полости вспененного материала и обеспечивает выдавливание воздушных включений через зазор между пуансоном и полуматрицами в вентиляционные каналы.

Литьевой агрегат *10* состоит из сварного каркаса, на котором смонтирована подвижная смесительная головка *8* с камерой, в которой с помощью винтового вала, вращающегося с частотой 15 000 ÷ 18 000 мин$^{-1}$, интенсивно перемешиваются компоненты *А* и *Б*. Компоненты поступают из резервуаров по обогреваемым шлангам в определенном соотношении. Синхронность подачи компонентов обеспечивается одновременным открыванием и закрыванием клапанов подачи. Каждый компонент дозируется индивидуальным шестеренным насосом и контролируется электронными устройствами.

К смесительной камере прикреплен охлаждаемый водой мундштук *7*, имеющий коническое отверстие, для соединения смесительной камеры с литниковым отверстием пресс-формы перед впрыском. Когда закрытая пресс-форма оказывается в рабочей позиции, смесительная головка движется вперед и после касания мундштука с литьевым отверстием пресс-формы материал нагнетается винтовым валом во внутреннюю полость пресс-формы.

В электрошкафу находятся все распределительные устройства и регулирующие приборы, на нем расположен пульт управления работой установки в ручном режиме.

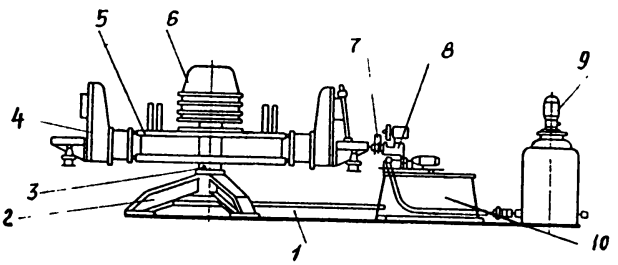


Рис. 5.2.5. Литьевой агрегат

К вспомогательному оборудованию относятся резервуары с подготовленными к работе компонентами *А* и *Б*. В каждом резервуаре имеются устройство масляного обогрева и встроенная мешалка для перемешивания компонента. На крышке каждого резервуара с загрузочным отверстием и быстродействующим затвором расположен привод мешалки *9*. Резервуары снабжены указателями уровня наполнения. Обычно установка комплектуется четырьмя резервуарами, два из которых подсоединены к смесительной головке, а два других в это время заполняются компонентами. Для отключения отработанного резервуара и подключения запасного служит трехходовой кран, которым соединяются трубопроводы смесительной головки и резервуаров с одинаковыми компонентами.

При подготовке компонента к использованию необходимо в зависимости от его марки учитывать: какой из компонентов следует перемешивать перед перегрузкой из транспортного контейнера в резервуар машины, а также длительность и температуру перемешивания; какой из компонентов надо перемешивать в запасном резервуаре; характер перемешивания (непрерывный или нет); температуру хранения компонента в резервуаре в случае остановки производства; из какого компонента следует удалять воздух перед работой, при каком давлении и в течение какого времени.

Подготовка компонентов перед заливкой в резервуары может заключаться в нагревании компонента *Б*, нагревании и перемешивании компонента *А*. Компоненты, находящиеся в транспортных контейнерах, предварительно нагревают в специальном шкафу. Холодильная установка предназначена для циркуляции охлаждающей водомасляной эмульсии с целью отвода теплоты от пресс-формы, дозирующих насосов и смесительной головки, температура которых зависит от свойств перерабатываемых компонентов.

Большинство современных литьевых машин обувного производства с червячной пластикацией имеет литьевую головку, механизм впрыска которой выполнен в соответствии со схемой, приведенной на рис. 5.2.2. Практикой конструирования и эксплуатации установлено предельно допустимое отношение максимальной длины хода червяка при впрыске к его диаметру не более 2 -2,2.

Длина хода червяка определяется из условия возможности впрыска в пресс-форму дозы расплава, равной максимальному объему отливаемой детали *V*, и складывается из величин $l_к$, $l_в$ и $l_у$ (рис. 5.2.6), где $l_к$ - холостой ход, соответствующий закрытию обратного клапана. Впрыск в пресс-форму при этом ходе практически отсутствует. Величина $l_к$ геометрически связана с зазором δ между коничес-

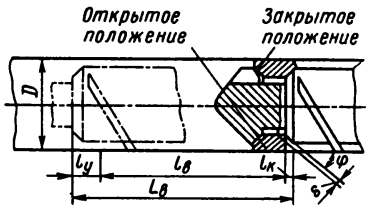


Рис. 5.2.6. Схема к определению полного хода осевого перемещения червяка при впрыске

кими поверхностями клапана и головки червяка, который должен быть достаточно большим, чтобы не оказывать значительного сопротивления течению расплава на стадии пластикации: δ = 3 ÷ 10 мм в зависимости от типоразмера машины; φ = 45° для клапанов аналогичной конструкции.

Объем цилиндра пластикатора, заполненного расплавом, при ходе червяка для впрыска соответствует максимальному объему отливки при условии отсутствия сжимаемости и термического расширения расплава, т.е. $V = \pi D^2 l_в / 4$.

В процессе впрыска и последующей выдержки под давлением находящийся в сопловой части цилиндра расплав сжимается. Уменьшение объема расплава в пресс-форме вследствие сжимаемости компенсируется дополнительным ходом червяка $l_у \approx 0{,}1 l_в$. Тогда полный ход червяка

$$L_в = l_у + l_в + (0{,}2 \div 1{,}0 \text{ см}) = 2{,}2D.$$

Совместное решение уравнений $V = f(l_в)$, $l_у = f(l_в)$ приводит к следующему уравнению для определения *D*:

$$1{,}5\frac{V}{D^2} + 2{,}2D(0{,}2 \div 1{,}0) = 0.$$

При известном *D* вычисляется ход червяка $L_в$.

Каждому из перерабатываемых полимерных материалов для обеспечения оптимальных условий пластикации должен соответствовать червяк определенной конструкции. Из опытных данных установлены параметры универсального червяка для переработки различных полимерных материалов. Отношение рабочей длины *L* червяка к *D* находятся в переделах: *L* / *D* = 12:1 ÷ 25:1. При этом большим значениям этого отношения соответствует лучшая однородность расплава. Степень сжатия расплава должна быть от 3:1 до 4:1. Шаг винтовой нарезки принимают равным *D*.

Производительность дозирующей зоны

$$Q = Q_D - Q_p - Q_L,$$

где $Q_D = \pi n h B D \cos^2\varphi / 2$ - прямой (вынужденный) поток; $Q_p = \frac{Bh^3 p}{2L_д \mu_{эф}} \sin\varphi\cos\varphi$ - обратный поток, вызванный перепадом давления по длине дозирующей зоны; $Q_L = \frac{\pi^2 \delta^2 D^2 \operatorname{tg}\varphi \Delta p}{10\mu'_{эф} e L_д}$ - утечки в зазоре между гребнем нарезки червяка и стенкой цилиндра по длине дозирующей зоны червяка; n - частота вращения червяка; h - глубина нагрузки дозирующей зоны; B - ширина винтового канала, измеренная в направлении, перпендикулярном к винтовой линии; φ - угол подъема винтовой линии (при шаге нарезки, равном диаметру, $\varphi = 17°45'$); $L_д$ - длина дозирующей зоны червяка; p - давление в сопловой части цилиндра на стадии пластикации; $\mu_{эф}$, $\mu'_{эф}$ - эффективная вязкость расплава полимера при температуре литья соответственно в винтовом канале и в кольцевом зазоре; e - ширина гребня витка, измеренная в направлении оси червяка; $\Delta_p = p / k$ - перепад давлений по длине гребня винтовой нагрузки; k - число витков дозирующей зоны; δ - радиальный зазор между гребнем червяка и внутренней поверхностью цилиндра.

Эффективная вязкость $\mu_{эф}$ полимера определяется по кривым течения для данного полимера как отношение напряжения сдвига к скорости сдвига. Скорость сдвига

$$v_{сд} = \frac{\pi D n}{60h}.$$

Мощность привода червяка

$$N = \pi^2 D^2 n^2 \mu_{эф} L\left(\frac{\pi D}{h} + \frac{e}{\delta \operatorname{tg}\varphi}\right),$$

где δ - зазор между коническими поверхностями клапана и головки червяка; δ = 3 + 10 мм.

Червяки рассчитывают на прочность при действии крутящего момента, осевой силы и собственного веса и на продольную устойчивость с учетом той же осевой силы и собственного веса, для чего предварительно проверяется гибкость червяка.

Прессовая часть литьевой машины состоит из пресс-формы с устройствами для охлаждения, обогрева и выталкивания готового изделия и механизма замыкания частей пресс-формы.

Сила замыкания

$$P_з = (p_1 + p_2)S_д - m\frac{d^2x}{dt^2} = kpS_д,$$

где p_1, p_2 - соответственно гидродинамическое и гидростатическое давление; $S_д$ - площадь проекции отливки на плоскость разъема; m - масса подвижных частей механизма замыкания; $\frac{d^2x}{dt^2}$ - ускорение подвижных частей механизма замыкания при их отходе; k = 1,2 + 1,3 - коэффициент запаса сил замыкания; p - давление расплава в полости пресс-формы; для менее вязких материалов следует принимать $p \approx 20$ МПа, а для более вязких $p \le 50$ Мпа.

Наиболее широко применяют гидравлические и пневматические механизмы замыкания пресс-формы. При работе гидравлического механизма замыкания рабочая жидкость от насоса подается в гидроцилиндр *1*, осуществляя через плунжер *2* ускоренный подвод подвижной плиты *3* (рис. 5.2.7). В конце хода вследствие подачи рабочей жидкости в главный гидроцилиндр *4* замыкание подвижной *3* и неподвижной *5* плит происходит с замедленной скоростью. Отвод подвижной плиты осуществляется при подаче рабочей жидкости от насоса в штоковую полость *6* главного цилиндра.

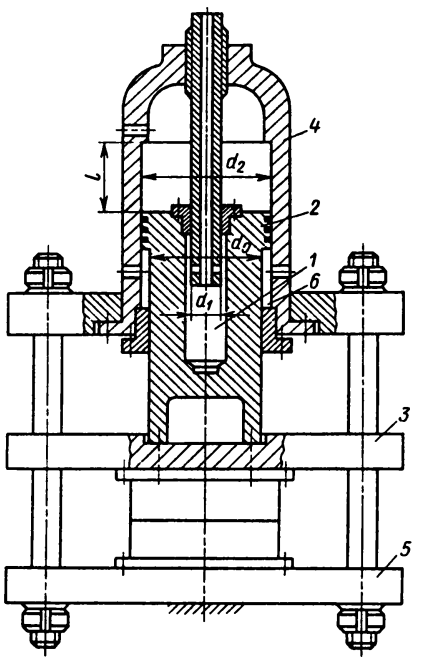


Рис. 5.2.7. Гидравлический механизм замыкания

При расчете определяют диаметры d_1, d_2 и d_0, полный ход l подвижной плиты *3*, а также подачу $Q_н$ насоса. Диаметр

$$d_2 = \sqrt{4P_з / (\pi p_н)},$$

где $p_н$ - давление рабочей жидкости, создаваемое насосом.

Подача насоса привода механизма замыкания

$$Q_н = \pi v_2 d_2^2 / 4,$$

где v_2 - принятая скорость замедленного перемещения подвижной плиты.

При известной скорости v_1 быстрого смыкания частей пресс-формы можно определить $d_1 = \sqrt{4Q_н / (\pi v_1)}$.

Гидроцилиндры *1* и *4* рассчитывают на прочность как сосуды, работающие под внутренним давлением. Диаметр d_0 определяют из условия обеспечения выбранной скорости v_0 отвода подвижной плиты:

$$d_0 = \sqrt{d_2^2 - \frac{4Q_н}{\pi v_0}}.$$

При совершенствовании гидравлических механизмов замыкания следует стремиться к устранению их недостатков: медленного смыкания частей пресс-формы, громоздкости цилиндра замыкания, утечки рабочей жидкости через уплотнения и т.д.

Метод горячей вулканизации. На прессах осуществляется горячая вулканизация низа обуви монолитной или пористой структуры с обжимом губками полуматриц по следу или с боковым обжимом на некотором расстоянии от грани следа обуви. На рис. 5.2.8 приведена схема пресса ПГВ-3Н-0 для горячей вулканизации низа туфель, ботинок, полуботинок и сапожек с высокими голенищами. Пресс двухсекционный, что позволяет обрабатывать одновременно левую и правую полупары обуви.

Пресс состоит из сварной станины *2*, неподвижно закрепленной на ней нижней плиты *3*, верхней плиты *4*, жестко связанной с нижней стойками *1*. На нижней плите установлены подвижные каретки *8* с колодками. Рабочими органами пресса являются пресс-формы.

В исходном положении пресса колодка находится в зоне обслуживания, полуматрицы разведены, а пуансон поднят. Заготовку верха обуви вручную надевают на колодку *7*, установленную следом вверх. На след накладывают заготовку подошвы и каблука из сырой резиновой смеси и включают пресс. Колодка перемещается в рабочую зону, полуматрицы *6* смыкаются, колодка поднимается, прижимая заготовку верха обуви к губкам полуматриц при обжиме по следу, а пуансон *5* опускается, создавая давление на резиновую смесь.

После заданного времени выдержки пресс-форма раскрывается, колодка выходит из зоны обслуживания и обработанную полупару снимают. Секции пресса имеют механизмы полуматриц, пуансона и колодки. Привод пресса гидравлический от группового гидропривода. Управление работой автоматическое от командоаппарата, осуществляемое от станции управления СУГВ.

Матрица придает форму ранту, кранцу, урезу подошвы и передает теплоту резиновой смеси, пуансон придает форму следу подошвы, а также передает теплоту и создает давление для формования подошвы из сырой резины. Прессовая колодка предназначена для установки обуви в пресс-форме с последующим ее закрыванием и удержанием в этом положении в течение процесса вулканизации.

Качество выполнения технологической операции определяет температурный режим; допуск на отклонение от заданного режима не превышает 2 + 5 °С. Пресс является большим энергетическим потребителем теплоты, причем полезное теплопотребление-нагрев резиновой смеси, прогрев пресс-форм составляет 10 + 20 % общего расхода теплоты.

Общие теплопотери

$$\theta_{об} = \alpha_к (t - t_{ср}) S_{об} + 5{,}7\varepsilon_п \left[\left(\frac{t + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{ср} + 273}{100} \right)^4 \right] S,$$

где t и $t_{ср}$ - температура соответственно поверхности пресс-формы и окружающей среды; $\alpha_к$ - коэффициент теплоотдачи конвекцией; $S_{об}$, S - площадь поверхности соответственно пресс-формы и теплообмена; $\varepsilon_п$ - приведенная степень черноты поверхности теплоотдачи.

Диаметр d и длина L нагревателей

$$d = \sqrt{\frac{\rho \theta_{об}^2}{qU^2}}; \quad L = \frac{\theta_{об}}{\pi d q},$$

где ρ - удельное электрическое сопротивление нагревателя; U - напряжение сети; $q = K[q]$; $[q]$ - допустимая удельная поверхностная мощность нагревателя; $K = 0{,}3 + 0{,}5$ - коэффициент.

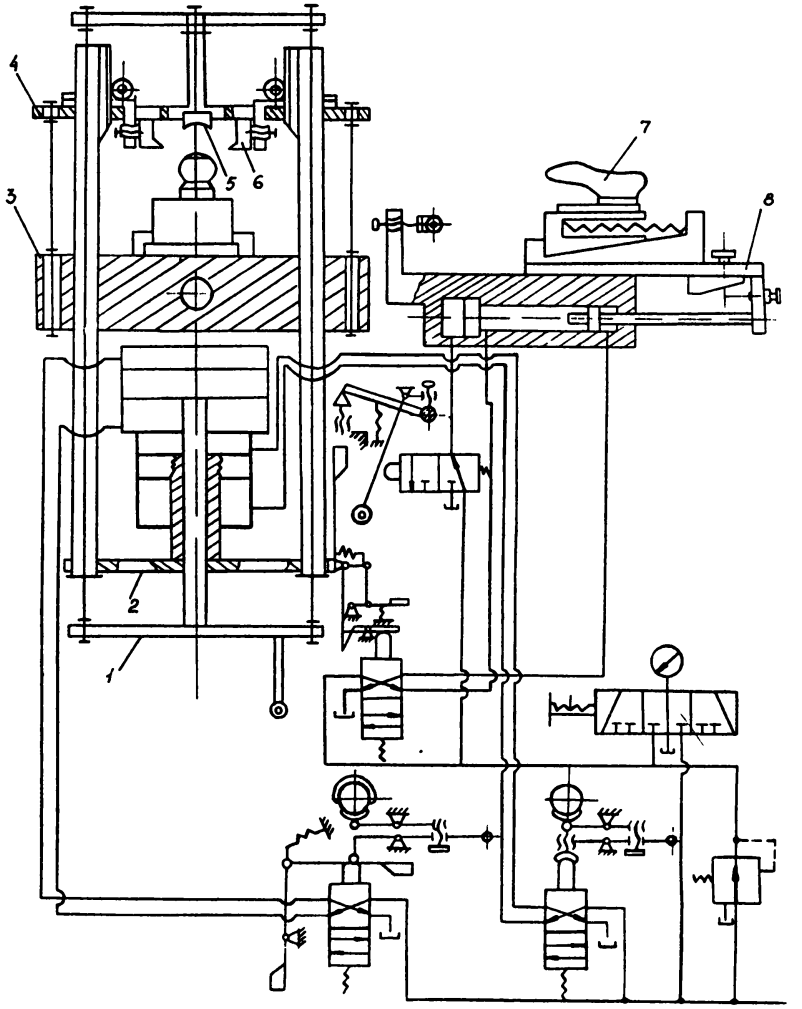


Рис. 5.2.8. Схема пресса для горячей вулканизации ПГВ-3Н-0

5.2.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИСТРАЧИВАНИЯ ПОДОШВ И ЗАТЯЖКИ ОБУВИ

Машины для пристрачивания подошв. Крепление подошв к ранту или к затяжной кромке заготовки с наложенным на нее рантом осуществляется двухниточным челночным швом. Для этого применяют машины циклового действия с приводом рабочих органов от кулачков на главном валу. На рис. 5.2.9 приведена машина этого типа СПР-0. Основными механизмами являются механизмы шила-транспортера, иглы и иглонаправителя, верхнего крючка и смазки иглы, нитенакидывателя, нижнего крючка, челнока, утягивания стежков, переднего и заднего тормозов нитки, прижимной лапки и привода. На машине могут быть установлены специальные приспособления: лапка со вставным ножом, лапка со скосом для подъема и оттибания края подошвы, столик с направляющим пазом для декоративного ранта.

Подошву *6* и рант *7* устанавливают на машину так, чтобы рант опирался на столик *9*. Удерживая изделие руками, нажимают на левую педаль, опускается прижимная лапка *8*, которая прижимает подошву к ранту. При дальнейшем опускании педали включается главный вал.

В начале цикла работы машины шило *10* снизу прокалывает рант и подошву и продвигает изделие влево на величину стежка. Перед транспортированием изделия прижимная лапка освобождает подошву. После перемещения изделия шило выходит из скрепляемых деталей, а через отверстие, проколотое им в подошве и ранте, проходит игла *5*, на крючок

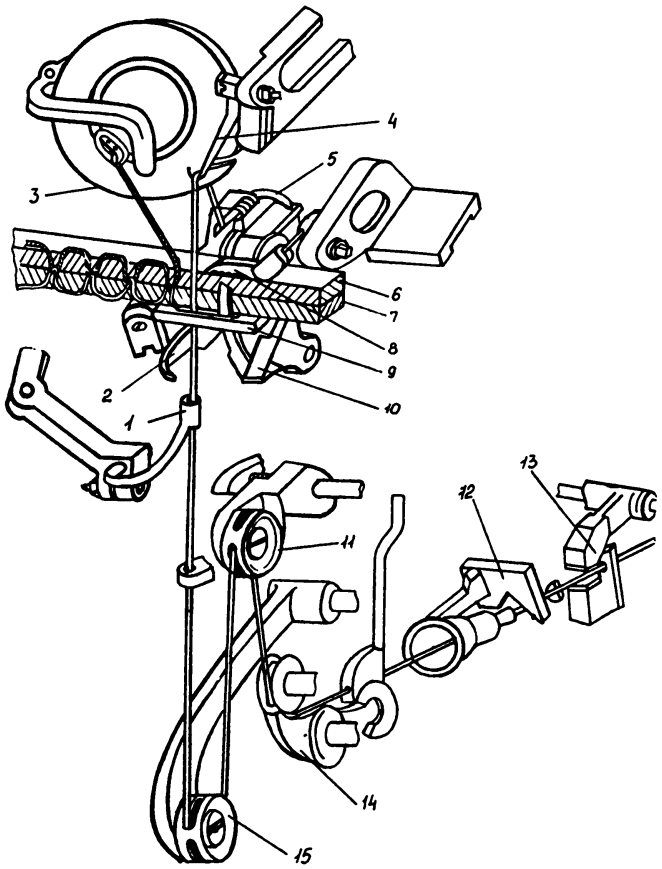


Рис. 5.2.9. Машина для пристрачивания подошв СПР-0

которой нитенакидыватель *1* с помощью нижнего крючка *2* накидывает нитку. Игла протаскивает петлю нитки через скрепляемые детали и с помощью верхнего крючка *4* подает ее челноку *3*. После переплетения ниток челноком происходит утягивание стежка роликами *11* и *15*. Перед утягиванием нижняя нитка затормаживается задним тормозом *13*. В конце утягивания стежка нитка затормаживается передним тормозом *14*, а вилка *12* подает нитку на следующий стежок. За каждый оборот главного вала машина выполняет один стежок.

После выполнения строчки левую педаль освобождают и машина останавливается в исходном положении. Нажатием на правую педаль поднимают прижимную лапку и изделие снимают с машины. При проектировании машины необходимо проверить работоспособность челночного механизма, поскольку от точности его работы зависит качество изделия.

Критическая угловая скорость при поперечном изгибе

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{3EJ}{(l_1 + l_2) l_2^2 m}},$$

где E и J - соответственно модуль упругости материала и момент инерции поперечного сечения вала; l_1, l_2 - расстояния между серединами опор от центра тяжести челнока до середины близлежащей опоры челночного вала; m - масса челнока.

Наибольшая длина нижней нити, вытягиваемой челноком (рис. 5.2.10),

$$l = a + D + b + 0{,}5D + (a - 0{,}5D)\frac{1}{\cos\alpha},$$

где D, b - соответственно диаметр и ширина челнока; a - расстояние от оси челнока до столика.

Число повторных движений

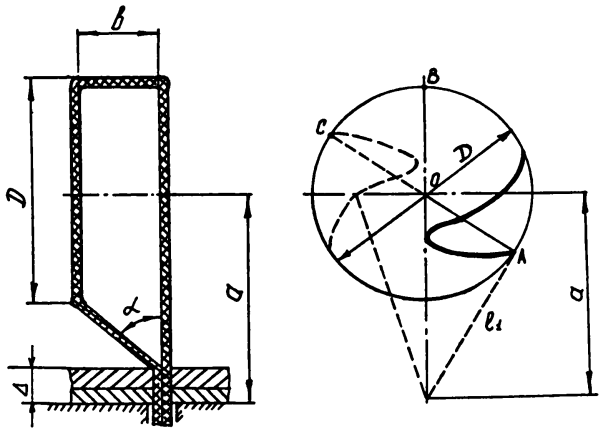


Рис. 5.2.10. Схема определения длины петли

$$z \approx \frac{L_{max}}{l_1} \approx \frac{b + D + 2a}{(l_{ст} + \Delta)к},$$

где $l_1 = (t + \Delta)к$ - длина нижней нити, расходуемой на один стежок; к - коэффициент утяжки; $l_{ст}$ - шаг стежка; Δ - толщина сшиваемых материалов.

Относительный путь скольжения нити за каждое повторное ее движение в одну сторону

$$L_1 = L_{max} - l_1 \approx b + D + 2a - (l_{ст} + \Delta)к.$$

Путь скольжения нити за один цикл работы машины $2L_1$, а за z повторных движений

$$L_z = \frac{b + D + 2a}{(l_{ст} + \Delta)к} 2\left[(b + D + 2a) - (l_{ст} + \Delta)к\right] \approx$$

$$\approx 2z^2(l_{ст} + \Delta)к.$$

Для машины СПР $L_{max} = 200$ мм, $\Delta = 5 \div 12$ мм, к = 0,9, $z = 25$, $l_{ст} = 1{,}5 \div 8$ мм, $L_z = (7{,}5 \div 22{,}5)\ 10^3$ мм. Вместимость шпули, определяемая длиной нити, наматываемой на шпулю,

$$\alpha = \frac{4V}{\pi d_н^2} \Big/ \xi,$$

где V - объем шпули, предназначаемой для наматывания на нее нити; $d_н$ - диаметр нити; ξ - коэффициент заполнения нитью сечения шпули.

Время работы машины без смены шпули

$$t_0 = \frac{L}{l_1 n},$$

где n - частота вращения главного вала машины, мин$^{-1}$.

Машины для затяжки обуви металлическими крепителями. Заготовки верха обуви затягиваются гвоздями на машинах ОМ-4-0, ОМ-5-0, ЗВ-1, ЗВ-2-0 и ЗВ-3-0, а скобками - на машине 02074/Р2. Геленочную часть заготовок скобками затягивают на машине 02087/Р1.

Формование заготовок осуществляется путем вытягивания затяжной кромки клещами. Пяточную часть заготовок затягивают гвоздями на полуавтоматах 02038/Р2, 02146/Р2 и 02146/Р3. Формующими инструментами в этих полуавтоматах являются профилированные пластины.

На рис. 5.2.11 показаны рабочие органы машины этого типа ЗВ-3-0. Основными являются механизмы клещей, подачи гвоздей, ножа и привода. Боковую поверхность колодки с заготовкой верха обуви вручную прижимают к боковому упору *3*, а стельку - к стелечному

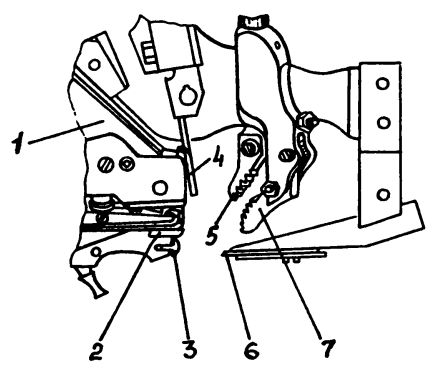


Рис. 5.2.11. Рабочие органы машины ЗВ-3-0

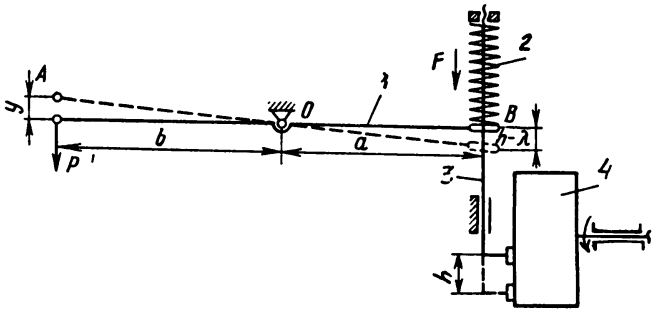


Рис. 5.2.12. Схема к расчету упругого элемента кинематической цепи механизма клещей машины ЗВ-3-0

упору *6* и нажатием на педаль включают машину. При этом клещи приближаются к заготовке верха и закрываются (верхняя губа *5* клещей подходит к нижней *7*), захватывая затяжную кромку. Затем клещи начинают вытягивать заготовку верха, перегибают ее край через грань стельки и укладывают затяжную кромку на стельку. Патрон подает гвоздь под молоток *4* из канала *1*, одновременно край заготовки верха заглаживается и прижимается к стельке пластиной *2*. Клещи открываются, а молоток, опускаясь, выталкивает находящийся в отверстии патрона гвоздь и забивает его в край заготовки верха и стельку. После забивания гвоздя колодку с заготовкой верха передвигают вручную на шаг, равный расстоянию между гвоздями, и цикл повторяется.

При затяжке из толстого материала носочную часть надрезают ножами (для лучшей укладки затяжной кромки).

Основными расчетными параметрами машины являются: прочностные характеристики кулачковых механизмов, сила затяжки (для выбора клещевого механизма), сила и геометрические характеристики механизма подачи гвоздей. Расчетом на контактную прочность определяют размеры и подбирают материал кулачка и ролика (ведущим звеном всех механизмов является кулачок).

При этом используют формулу Герца - Беляева:

$$\sigma_к = 0{,}418\sqrt{\frac{qE_п}{\rho_п}} = 0{,}418\sqrt{\frac{NE_п}{b\rho_п}},$$

где $\rho_п = \rho\rho_{min} / (\rho + \rho_{min})$ - приведенный радиус кривизны контактирующих поверхностей; ρ - радиус ролика; ρ_{min} - наименьший радиус кривизны профиля кулачка; N - нормальная сила в передаче; b - длина контактной линии; q - нагрузка на единицу длины контактной линии; $E_п$ - приведенный модуль упругости материалов кулачка и ролика.

Для предотвращения разрыва материала при затяжке клещами необходимо рассчитать упругие элементы (пружины). Расчетная схема механизма клещей представлена на рис. 5.2.12. Перемещение тяги с роликом на величину h от кулачка *4* вызывает перемещение клещей (точки A), расположенных на переднем конце рычага *1* на величину y. Пружина *2* при этом развивает силу $F = F_0 + \lambda / \delta$ и вызывает перемещение точки B рычага *3* на величину $h - \lambda$, где F_0 - сила предварительной затяжки пружины; λ - осадка пружины; δ - податливость пружины.

Сила затяжки

$$P = \frac{a}{b}\left[\left(F_0 - \frac{h}{\delta}\right) - \frac{a}{b\delta}y\right].$$

Параметры пружины выбирают такими, чтобы $P_{max} < P_р$, где P_{max} - максимально возможная сила вытяжки материала; $P_р$ - сила вытяжки, при которой происходит разрыв заготовки.

Максимальная сила

$$P_{max} = \frac{a}{b}\left(\frac{\lambda_0 + h}{\delta}\right) < P_р.$$

Задаваясь величиной δ, определяют осадку пружины от предварительной затяжки:

$$\lambda_0 < \frac{b}{a}\delta P_р - h.$$

Реакция скрепляемых материалов на коническую поверхность гвоздя (рис. 5.2.13)

$$N = \frac{\pi E}{1+\mu}\left[\frac{d}{2L_0}\Delta^2 - \left(kd_0 - \frac{L}{L_0}d\right)\Delta\right],$$

где E и μ - соответственно модуль упругости и коэффициент Пуансона; d - диаметр стержня гвоздя; Δ - толщина скрепляемых материалов; L - длина загиба острия; L_0 - длина острия; k - коэффициент, зависящий от свойств скрепляемых материалов.

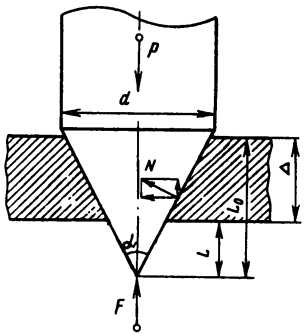


Рис. 5.2.13. Геометрические соотношения для острия гвоздя и схема сил, действующих на гвоздь

Сила забивания в скрепляемых материалах

$$P = F + N(\sin \alpha/2 + f\cos \alpha/2),$$

где f - коэффициент трения; α - угол заострения острия; F - сила сопротивления снятию скрепляемых материалов или сопротивление острия гвоздя загибке;

$$F = \frac{\sigma_T W}{KL},$$

где σ_T - предел текучести материала гвоздя; K - коэффициент, зависящий от формы загибки острия; W - момент пластического сопротивления загибки острия.

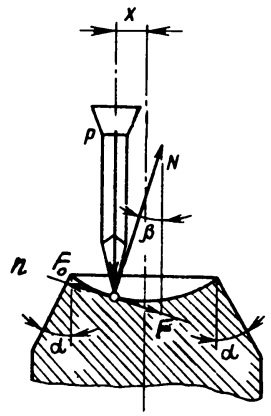


Рис. 5.2.14. Схема сил, действующих при забивке гвоздя

Качественная загибка острия гвоздя возможна при введении его по нормали к плоскости скрепляемых деталей, а также при попадании острия крепителя после прохождения через скрепляемые детали на определенную зону лунки упора. Последнее условие выполняется с помощью смещения лунки (рис. 5.2.14) относительно оси гвоздя. Условие расклепывания острия гвоздя

$$F = N\,\mathrm{tg}\beta > F_0 = N\,\mathrm{tg}f,$$

где N - реакция пистона прижима на острие гвоздя; F_0 - сила трения острия гвоздя о поверхность лунки; f - угол трения острия гвоздя о лунку; для гвоздей из различных материалов по стали $f = 10 \div 25°$.

Рекомендуемое смещение $x = 1{,}5 \div 2{,}0$ мм. Для улучшения качества расклепывания острия гвоздя края пистона срезаются под углом $\alpha \approx 30°$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Капустин И. И.** Расчет и конструирование обувных машин. М.: ГНТИ Минлегпрома СССР, 1956. 502 с.

2. **Карагезян Ю. А., Разумовская Б. В., Григорьев Б. П.** Новое отечественное оборудование обувного производства. М.: Легпромбытиздат, 1990. 168 с.

3. **Конструирование** изделий из кожи / Ю. П. Зыбин, В. Н. Ключников, Т. С. Кочеткова, В. А. Фукин. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 264 с.

4. **Машины,** машины-автоматы и автоматические линии легкой промышленности / А. А. Анастасиев, Н. Н. Архипов, А. Н. Жариков и др. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 352 с.

5. **Практикум** по машинам, автоматам и автоматическим линиям легкой промышленности / Под ред. А. И. Комиссарова. М.: Легкая индустрия, 1980. 256 с.

6. **Проектирование** и расчет машин обувных и швейных производств: Учеб. пособие для вузов / Под ред. А. И. Комиссарова. М.: Машиностроение, 1978. 431 с.

7. **Технология** изделий из кожи / Ю. П. Зыбин и др. М.: Легкая индустрия, 1975. 464 с.

8. **Ширинский Я.** Полуавтоматический метод взъерошивания затяжной кромки обуви // Лестер. НИИ фирмы БУСМК. 1976. 21 с.

РАЗДЕЛ 6

МАШИНЫ И АППАРАТЫ ПРОИЗВОДСТВА НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ И МЕХА

Глава 6.1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА КОЖЕВЕННО-МЕХОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА

6.1.1. АППАРАТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЫРЬЯ И ПОЛУФАБРИКАТА ЖИДКОСТЯМИ

Обработка сырья и полуфабриката в жидкой среде, проводимая в аппаратах, включает: отмотку, промывку, золение, обеззоливание, пикелевание, мягчение, дубление, крашение и др. Аппараты могут быть с подвижными и неподвижными корпусами. К первой группе относятся чаны, чаны-баркасы, баркасы, заглубленные барабаны и ряд аппаратов для обработки мелкого сырья и мойки овчин; ко второй - подвесные и наклонные барабаны.

Аппараты с неподвижными корпусами. Корпус аппарата представляет собой ванну (чан), куда заливают жидкость и загружают полуфабрикат в зависимости от массы шкур навалом, в кассетах или завешенными на раме. Для интенсификации процесса омывания шкур жидкостью применяют барботирование (когда в ванну снизу подается воздух под давлением), механическое перемешивание жидкости и шкур с помощью мешалки или вместе с барабаном (в случае крепления рам со шкурами к внутренней его поверхности), погруженным в ванну с жидкостью. Для поддержания рабочей температуры жидкости ванну в некоторых случаях снабжают крышкой и радиатором или заставляют жидкость циркулировать через теплообменник, установленный вне ванны.

Мешалки применяют в баркасах и в чанах-баркасах. В баркасах мешалку устанавливают стационарно, а в чанах-баркасах ее периодически перемещают от одного чана к другому. Переносная мешалка позволяет осуществлять загрузку - выгрузку полуфабриката из чана с помощью кассет партиями. В баркасе мешалку *2* устанавливают в корпусе *1* ближе к задней стенке, чтобы она не мешала загрузке полуфабриката через люк *3* (рис. 6.1.1), который в некоторых баркасах закрыт крышкой. Корпус баркаса изготовляют из дерева, пластмассы, облицовочного кирпича или железобетона. Деревянные и пластмассовые баркасы располагают над полом, остальные заглубляют. Выгрузку полуфабриката из пластмассовых баркасов осуществляют путем поворота его корпуса вокруг горизонтальной оси (они не имеют крышек), а из остальных - через торцовый люк *5* с дверкой. Внизу баркас имеет наклонную поверхность *6* с отверстиями (ложное дно) для слива жидкости через клапан *7* без выгрузки полуфабриката. При заглублении баркаса перед люком *5* делают приямок, куда устанавливают кассету для сбора выгружаемого полуфабриката. Мешалка имеет четыре или шесть лопастей 4, которые при вращении погружаются периодически в рабочий раствор и перемешивают содержимое ванны.

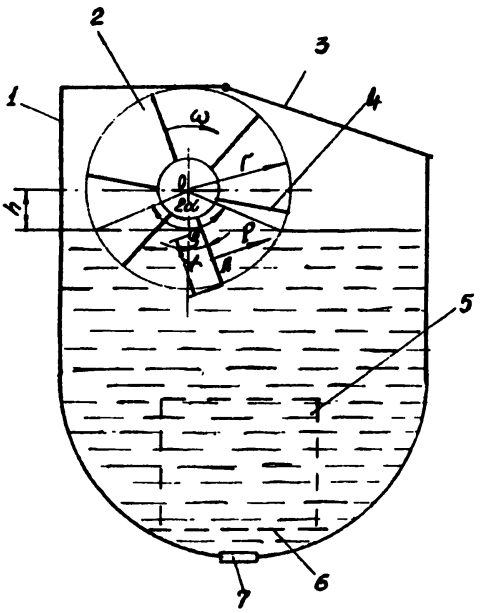


Рис. 6.1.1. Схема баркаса

Полный объем ванны баркасов мехового производства составляет $V = 5 \div 7$ м^3, а в баркасах кожевенного производства $V \le 21$ м^3. Минимальный радиус мешалки $r = \frac{\sqrt[3]{V}}{3{,}95}$, ее

длина $l = 6r$, окружная скорость устанавливается в пределах 0,75 ÷ 1,4 м/с.

Для определения полезного момента сопротивления на валу мешалки находят силу сопротивления движению лопасти, погруженной в жидкость,

$$P = kSv^2\rho / 2,$$

где S - площадь лопасти, находящейся в жидкости, м^2; v - скорость движения центра тяжести погруженной в жидкость части лопасти, м/с; ρ - плотность жидкости, кг/м^3; $k \approx 1,3$ - коэффициент сопротивления.

Текущее значение площади

$$S = lx\left(r - \frac{h}{\cos\varphi}\right).$$

Линейная скорость центра тяжести

$$v = \omega L_{OA},$$

где $L_{OA} = r - x / 2 = r - \left(r - \frac{h}{\cos\varphi}\right)\Big/2 =$

$$= \left(r + \frac{h}{\cos\varphi}\right)\Big/2.$$

Тогда

$$v = \omega\left(r + \frac{h}{\cos\varphi}\right)\Big/2,$$

где ω - угловая скорость, рад/с; h - расстояние от оси вращения мешалки до уровня жидкости, м; φ - угол поворота лопасти.

Следовательно,

$$P = \frac{k\rho}{2} l\left(r - \frac{h}{\cos\varphi}\right)\frac{\omega^2}{4}\left(r + \frac{h}{\cos\varphi}\right)^2 =$$

$$= \frac{k\rho l\omega^2}{8}\left(r - \frac{h}{\cos\varphi}\right)\left(r + \frac{h}{\cos\varphi}\right)^2.$$

При $\varphi = 0$ сила P достигает максимального значения:

$$P_{max} = k\rho l\omega^2(r - h)(r + h)^2 / 8.$$

Для последующей лопасти сила P_1 определяется аналогично, но с учетом угла $\varphi_1 = \varphi - 60°$ (для шестилопастной мешалки).

Момент силы P

$$M = PL_{OA} =$$

$$= \frac{k\rho l\omega^2}{16}\left[\left(r - \frac{h}{\cos\varphi}\right)\left(r + \frac{h}{\cos\varphi}\right)^3\right].$$

Момент силы P_1

$$M_1 = \frac{k\rho l\omega^2}{16}\left[r - \frac{h}{\cos(\varphi - 60)}\right] \times$$

$$\times\left[r + \frac{h}{\cos(\varphi - 60)}\right]^3.$$

Суммарный момент на валу мешалки

$$\sum M = M + M_1 =$$

$$= \frac{k\rho l\omega^2}{16}\left\{\left(r - \frac{h}{\cos\varphi}\right)\left(r + \frac{h}{\cos\varphi}\right)^3 + \right.$$

$$\left. + \left[r - \frac{h}{\cos(\varphi - 60)}\right]\left[r + \frac{h}{\cos(\varphi - 60)}\right]^3\right\}.$$

Корпус деревянного баркаса изготовляют из сухих сосновых досок толщиной 70 ÷ 80 мм и стягивают обручами из полосовой стали 80 × 5 мм. Обручи делают разрезными и снабжают приспособлениями для натяжения. Герметичность соединения днища *1* с обечайкой *2* обеспечивают путем одностороннего или двустороннего скоса днища в уторе (рис. 6.1.2). Минимальная толщина доски в уторе должна быть $\delta_2 \geq 30$ мм.

При расчете элементов деревянного баркаса принимают $U = 0,2b_1$ и $b_2 = 1,3\ b_1$.

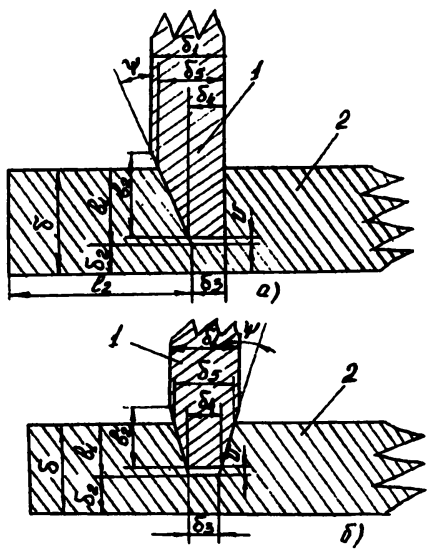


Рис. 6.1.2. Утор:
а - односторонний скос; *б* - двусторонний скос

Для одностороннего утора $\psi = 30 \div 45°$; $\delta_3 = \delta_1 - 1{,}5b_1 \operatorname{tg}\psi$; $\delta_4 = \delta_1 - 1{,}3b_1 \operatorname{tg}\psi$; $\delta_5 = \delta_1 - 0{,}5b_1 \operatorname{tg}\psi$.

Для двустороннего утора $\psi = 10 \div 20°$; $\delta_3 = \delta_1 - 3b_1 \operatorname{tg}\psi$; $\delta_4 = \delta_1 - 2{,}6b_1 \operatorname{tg}\psi$; $\delta_5 = \delta_1 - b_1 \operatorname{tg}\psi$.

Минимальное расстояние l_2 (на единицу длины по периметру барабана) от днища до кромки обечайки определяется из уравнения

$$(p_1 + p_2) = l_2 p_{ск},$$

где p_1 - внутреннее давление в баркасе; p_2 - давление обруча; $p_{ск} = 0{,}6 \div 1$ МПа.

В свою очередь

$$p_2 = 8P / (\pi D \operatorname{tg}\psi),$$

где P - удельная сила, принимаемая при расчете обруча на разрыв; D - диаметр баркаса.

Аппараты с подвижными корпусами. Они являются основным технологическим оборудованием для проведения жидкостных процессов обработки кожевенного и мехового сырья. По конструктивным признакам разделяются на аппараты с одной рабочей ванной (барабаны, аппараты для отмоки, разбивки и промывки - ОРП) и несколькими рабочими ваннами, в которых полуфабрикат механическим путем вместе с рабочим раствором перемещается из одной ванны в другую.

Рабочей ванной аппаратов первой группы чаще всего является полый цилиндр, на внутренней образующей поверхности которого расположены кулаки или полки, механически воздействующие на полуфабрикат. Рабочая ванна может быть разделена на две или несколько частей перфорированными плоскими или винтовыми перегородками. Первые способствуют разделению полуфабриката и рабочей среды при ее удалении, а вторые - его выгрузке из аппарата после окончания технологического процесса.

Полуфабрикат (или рабочая среда) загружается через люк, расположенный на образующей поверхности цилиндра, а выгружается или через тот же люк, или торец цилиндра. В первом случае торцовые поверхности изготовляют глухими, а во втором - к центральной оси торца цилиндра подводят трубопроводы. Каждый из этих способов имеет преимущества и недостатки: при загрузке через люк увеличивается коэффициент использования объема аппарата, а через торец цилиндра - подачу и удаление рабочих сред можно проводить без останова аппарата.

Полуфабрикат в барабане под действием кулаков или полок перемещается в направлении вращения бочки, образуя рулон (рис. 6.1.3). Нижние шкуры кулаками толкаются в направлении движения бочки, выводятся из

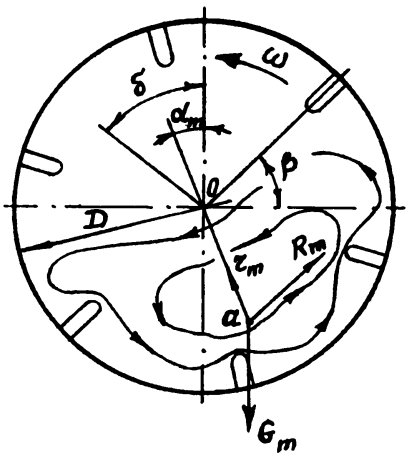


Рис. 6.1.3. Схема движения полуфабриката в подвесном барабане

общей массы полуфабриката, поднимаются, а затем соскальзывают с кулака. При падении шкура ударяется о поверхность раствора в направлении, противоположном вращению бочки.

Движение рулона полуфабриката характеризуется следующими параметрами: расстоянием $0a$ от оси вращения до центра тяжести рулона; средними радиусами рулона r_m и R_m; средним углом отклонения α_m центра тяжести рулона от вертикальной оси; углом δ, определяющим предельный угол α_m, и углом β соскальзывания шкуры с кулака.

Увеличение коэффициента использования объема барабана за счет массы полуфабриката или жидкостного коэффициента (ЖК) обусловливает уменьшение величин $0a$, α_m и β, а в то же время увеличение массы полуфабриката ведет к относительно быстрому возрастанию радиуса r_m по сравнению с R_m, а повышение ЖК - к более интенсивному возрастанию радиуса R_m по сравнению с r_m, т.е. к меньшему скручиванию шкуры в рулон. С ростом угловой скорости барабана ω величины α_m, δ и β возрастают. Длина и форма кулаков влияют на величины β, r_m и R_m. С увеличением длины кулака угол β возрастает, а радиусы пропорционально уменьшаются. Частота вращения бочки барабана зависит от его диаметра D и выполняемой операции и не должна превышать ее критического значения, определяемого выражением $\omega_к = 4{,}42 / \sqrt{D}$. Рекомендуется угловая скорость барабана $\omega = (0{,}2 \div 0{,}5)\ \omega_к$.

Кулаки и полки изготовляют из березы или дуба, их запрессовывают в отверстия или

крепят к бочке. Бочки подвесных барабанов чаще всего делают из древесины (лиственницы, сосны или кедра) сортов I и II, влажность которой не должна превышать 15 %. Обечайку собирают из досок (клепок) толщиной 70 ÷ 90 мм и шириной 180 ÷ 200 мм, а днище получают из бруса толщиной 80 ÷ 100 мм. К днищу крепят цапфы (сплошные или полые), которыми барабан укладывают в подшипники.

Мощность, потребляемую при вращении барабана, определяют исходя из полезного и вредного сопротивлений движению бочки. Полезное сопротивление создает момент $M = G_m 0a \sin\alpha_m$. Следовательно, полезная мощность

$$N = M\,\omega\varphi,$$

где $\varphi = 1{,}1 \div 1{,}25$ - коэффициент, учитывающий силу удара шкур при падении.

Мощность, расходуемая на трение в цапфах,

$$N_ц = Qfd\omega/2,$$

где Q - геометрическая сумма сил от веса бочки, жидкости, полуфабриката и радиальной составляющей от приводной передачи.

Мощность электродвигателя привода барабана

$$N_э = (N + N_ц) / \eta,$$

где η - КПД привода.

Пусковая мощность $N_{пу}$ барабана слагается из мощности $N_{по}$ для подъема полуфабриката с жидкостью на угол α_m, мощности $N_б$ на преодоление момента инерции бочки барабана, мощности $N_п$ сил инерции находящегося в барабане полуфабриката, и мощности $N_ц$.

Мощность подъема рулона полуфабриката

$$N_п = \frac{G_m 0a(1 - \cos\alpha_m)}{\tau},$$

где $\tau = \alpha_m / \omega$ - время подъема.

Если принять, что разбег барабана совершается на половине оборота, т.е. $\tau_р = \pi / \omega$, то

$$N_б = \frac{J_б\omega^2}{2\tau_р} = \frac{J_б\omega^3}{2\pi},$$

где $J_б$ - момент инерции бочки барабана относительно оси вращения.

Тогда

$$N_п = \frac{J_п\omega^2}{2\tau_р} = \frac{J_п\omega^3}{2\pi},$$

где $J_п$ - момент инерции рулона полуфабриката и жидкости, находящейся в барабане.

Суммарная пусковая мощность

$$N_{пу} = N_{по} + N_б + N_п + N_ц.$$

В некоторых барабанах больших объемов для снижения пусковых нагрузок на электродвигатель применяют сдвоенный привод, расположенный по торцам барабана. В период пуска работают оба привода и после выхода барабана на стационарный режим работы один из приводов отключается.

Мощность, потребляемая дубильными барабанами, с течением технологического процесса возрастает и по прошествии двух суток может увеличиваться на 50 ÷ 70 % начальной.

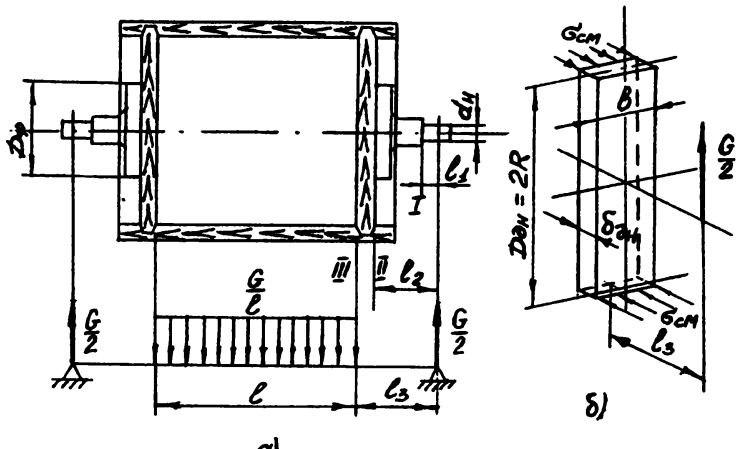


Рис. 6.1.4. Схема силового расчета барабана:
а - сечение бочки; *б* - элемент днища

При силовом расчете барабан представляют балкой, лежащей на двух опорах и нагруженной симметричной по длине l равномерной распределенной нагрузкой G / l (рис. 6.1.4), где G - вес бочки барабана с металлической арматурой, полуфабрикатом и жидкостью. Расчетными сечениями являются: *I* - внутренний конец шейки цапфы; *II* - плоскость крепления цапфы к днищу; *III* - внутренняя плоскость днища. Изгибающие моменты в указанных сечениях: $M_I = 0{,}5Gl_1$; $M_{II} = 0{,}5Gl_2$; $M_{III} = 0{,}5Gl_3$.

Шейку цапфы рассчитывают на изгиб в сечении *I* по моменту

$$M_I = 0{,}5Gl_1 = 0{,}1\frac{d_н^4 - d_в^4}{d_н}[\sigma_ш],$$

где $d_н$ - наружный диаметр цапфы; $d_в$ - диаметр отверстия в цапфе (если она пустотелая); $[\sigma_ш]$ - допускаемые напряжения для шейки вала; $[\sigma_ш]$ = 18 ÷ 20 МПа для чугунных цапф; $[\sigma_ш]$ = 50 МПа для стальных цапф.

Шейку цапфы для подшипников скольжения проверяют на среднее давление

$$p_{ср} = 0{,}5G / (d_н l_ш),$$

где $l_ш$ - длина шейки цапфы; $p_{ср} \le 30$ МПа для стали по чугуну; $p_{ср} \le 20$ МПа для чугуна по чугуну.

Размеры опорной поверхности фланца цапфы, соприкасающейся с днищем, определяют из условия прочности деревянного днища на смятие от момента $M_{II}(\sigma_1)$ и напряжения предварительной затяжки болтов σ_2. Максимальные напряжения смятия от момента

$$\sigma_1 = M_{II} / W,$$

где W - момент сопротивления площади опорной поверхности фланца цапфы.

Напряжения смятия днища от затяжки болтов

$$\sigma_2 = G / (2f S_{дн}),$$

где f - коэффициент трения между фланцем и днищем; f = 0,2 для влажного дерева; f = 0,4 для сухого; $S_{дн}$ - площадь днища.

Толщина днища барабана $\delta_{дн}$ определяется из условия прочности на изгиб бруса шириной b, проходящего через ось вращения (рис. 6.1.4, *б*). По концам (в уторах) брус испытывает напряжения смятия $\sigma_{см}$ от клепок, являющиеся результатом действия изгибающего момента $M_{III} = 0{,}5Gl_3$. В барабанах больших объемов корпус и днища усилены

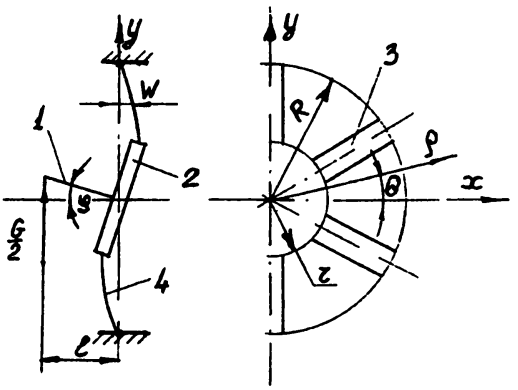


Рис. 6.1.5. Схема расчета днища барабана

металлическим каркасом различной конструкции. Для усиления днищ наибольшее распространение получили ребра жесткости, прикрепляемые к днищу болтами.

Для расчетов прочности и жесткости таких днищ применяют приближенный энергетический метод (рис. 6.1.5). Предполагают, что форма упругой поверхности днища *4* вместе с усилителем *3* в радиальном сечении описывается уравнением вида

$$W(\rho,\theta) = \left\{\varphi\rho + \frac{3\varphi R}{(R-r)^3}\left[\frac{(\rho-r)^3}{8} - \frac{(R-r)(\rho-r)^2}{2}\right]\right\}\sin\theta,$$

где φ - угол поворота цапфы *1* в вертикальной плоскости; $R = D_{дн} / 2$; r - радиус фланца *2*; θ - полярный угол; ρ - радиус кривизны.

Упругий потенциал радиального луча

$$U_л = 0{,}5\int_0^L \frac{\partial^2 W}{\partial\rho^2} E_л J_л d\rho,$$

где $E_л$ - модуль упругости материала луча; $J_л$ - момент инерции поперечного сечения луча; L - длина луча.

Предполагают, что каждый брус днища работает как независимая балка и для горизонтального расположения (направление x) кривизна поверхности бруса описывается уравнением

$$æ_x = æ_\rho \cos^2\theta + æ_\theta \sin^2\theta,$$

где $æ_\rho = \partial^2 W(\rho, \theta)/\partial\rho^2$; $æ_\theta = \partial^2 W(\rho, \theta)/\partial\theta^2$ - кривизны поверхности днища соответственно в радиальном и окружном направлениях.

Упругий потенциал днища в заданном направлении

$$U_{дн} = E_{дн} J_{дн} \int_F^{0,5} \int æ_x^2 dS,$$

где $E_{дн}$ - модуль упругости материала днища; $J_{дн}$ - момент инерции полосы днища шириной 1 м; S - площадь днища.

Аналогично для вертикального положения брусьев

$$æ_y = æ_\rho \sin^2\theta + æ_\theta \cos^2\theta.$$

После преобразований упругий потенциал днища получают в следующем виде:

для горизонтального расположения бруса

$$U_{дн\,x} = E_{дн} J_{дн} \Lambda_{дн\,x} \varphi^2;$$

для вертикального расположения

$$U_{дн\,y} = E_{дн} J_{дн} \Lambda_{дн\,x} \varphi^2,$$

где $\Lambda_{дн\,x} = (\Lambda_1 + 2\Lambda_2 + 5\Lambda_3)\pi / 16$; $\Lambda_{дн\,y} = (5\Lambda_1 + 2\Lambda_2 + \Lambda_3)\pi / 16$.

Потенциальная энергия системы

$$U_0 = (U_л + U_{дн}) - 0,5Gl\varphi,$$

где G - вес барабана с содержимым; l - расстояние от центра под подшипником опоры до центра тяжести сечения луча.

Дифференцируя по углу поворота φ и приравнивая производную нулю, получим угол

$$\varphi = \frac{Gl}{4\left(\frac{\Lambda_л E_л J_л}{R} + \Lambda_{дн} E_{дн} J_{дн}\right)},$$

где $\Lambda_л = \frac{3}{2(1-C)^3} \sum_{i=1}^{n} \sin^2\theta$; $\Lambda_{дн} = \Lambda_{дн\,x} + \Lambda_{дн\,y}$; $C = r / R$.

Величины Λ_1, Λ_2 и Λ_3 являются функциями относительного радиуса фланца C. Их значения представлены в табл. 6.1.1; θ_i - полярный угол i-го луча при общем их числе n.

Максимальную кривизну луча получают после двухкратного дифференцирования функции $W(\rho, \theta)$ по ρ:

$$W''(r) = 3\varphi R / (R - r)^2.$$

Изгибающий момент и напряжения в опасной точке профиля луча

$$M_x = E_л J_л W''(r); \sigma = E_л W''(r) y_{max},$$

где y_{max} - координата наиболее удаленной точки сечения от нейтральной линии луча.

Толщина клепки определяется по ее прочности в уторе. Расчет утора барабана аналогичен расчету утора баркаса.

Расчет обруча барабана сводится к определению растягивающей силы. Обручи затягивают на бочке барабана в сухом виде. После пропаривания и наполнения барабана жидкостью дерево разбухает и на обруч действуют силы. Сила от масс

$$P_1 = 0,5(G_п + G_ж + G_д + G_о)\, t / L,$$

где $G_п$, $G_ж$, $G_д$ и $G_о$ - вес соответственно полуфабриката, жидкости, дерева и обручей; t - шаг обруча; L - длина бочки барабана.

Сила предварительной затяжки обручей

$$P_2 = 1,5 p_1 \delta t,$$

где p_1 - внутреннее давление; δ - толщина клепок.

6.1.1. Значения $\Lambda_i(C)$

$C = r / R$	Λ_1	Λ_2	Λ_3	$\Lambda_{дн\,x}$	$\Lambda_{дн\,y}$
0,2	2,344	-2,38	12,19	11,495	3,76
0,3	4,154	-1,37	4,17	4,37	4,36
0,4	1,639	-0,31	2,26	3,60	7,82
0,5	15,0	1,416	2,06	5,52	15,69
0,6	32,81	5,31	3,09	11,56	34,90
0,7	86,11	17,03	6,96	30,43	92,61

Сила, развиваемая при набухании клепок,

$$P_3 = \sigma_{раз}\delta t,$$

где $\sigma_{раз}$ - напряжения разбухания; $\sigma_{раз} = 0{,}7 \div 1$ МПа.

Сила от давления газов

$$P_4 = p_2 D t / 2,$$

где $p_2 = 0{,}05$ МПа.

Центробежная сила

$$P_5 = \frac{G_п + G_ж}{g}\omega^2 0a,$$

где $0a$ - эксцентриситет центра тяжести вращающихся масс жидкости и полуфабриката; ω - угловая скорость бочки.

Сила, растягивающая обруч,

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5.$$

Допускаемое напряжение для обручей $[\sigma] = 80 \div 100$ МПа. Отношение ширины плоского обруча к его толщине обычно 8 - 14. Ширина обруча b должна удовлетворять условию прочности клепок на смятие:

$$P / (0{,}5Db) \le [\sigma_{см}] \approx 1 \text{ МПа}.$$

Расчет металлических аппаратов. У металлических аппаратов с горизонтальными и наклонными осями вращения обечайки имеют цилиндрическую форму (АЖК, АВК, АУШ, Доземат), коническую (ОРП) или сложную (наклонные аппараты). Технологические процессы, протекающие внутри аппаратов, проходят при повышенном или нормальном давлении. Обечайка аппарата усилена бандажами, которые установлены на опорные ролики. Число бандажей зависит от длины обечайки аппарата. Привод аппарата осуществляется через днище или обечайку. При передаче вращения через обечайку венцовое зубчатое колесо в аппарате длиной до 6 м устанавливают на расстоянии 700 мм от торца, а в шнековом аппарате - ближе к середине, чтобы вращающий момент распределялся более равномерно по длине. Вращающийся момент по длине обечайки от приводного устройства изменяется по линейному закону.

В общем случае расчет металлических обечаек проводят по эквивалентным напряжениям от совместного действия внутреннего давления $p_{вн}$, осевой (растягивающей или сжимающей) силы P, изгибающего $M_и$ и вращающего $M_в$ моментов. Толщину стенки обечайки определяют по каждой составляющей и принимают наибольшее значение.

Эквивалентные напряжения

$$\sigma_э = \sqrt{(\sigma + 0{,}8\sigma_и)^2 + 3\tau^2} \le$$

$$\le 0{,}87\sigma_д\sqrt{1{,}2 - \left(\frac{\sigma_п}{\sigma_д}\right)^2},$$

где $\sigma_д$ и $\sigma_п$ - соответственно допускаемое и приведенное напряжение.

Напряжения растяжения от внешней силы

$$\sigma = P / [\pi(D_{вн} + \delta)(\delta - \delta_к)],$$

где $D_{вн}$ - внутренний диаметр обечайки; δ - толщина ее стенки; $\delta_к$ - прибавка к толщине на коррозию или другой вид химического воздействия рабочей среды на материал.

Растягивающая сила

$$P = p_{вн}\pi D_{вн} / 4.$$

Напряжения изгиба от внешнего изгибающего момента

$$\sigma_и = M_и / W,$$

где $M_и$ - изгибающий момент в расчетном сечении; W - момент сопротивления изгибу в этом сечении; для полой обечайки без внутренних ребер жесткости $W = \pi(D_{вн} + \delta)^2(\delta - \delta_к)$.

Напряжения кручения от вращающего момента $M_в$:

$$\tau = M_в / W_в = 8M_в / [\pi(D_{вн} + \delta)^2(\delta - \delta_к)].$$

Приведенное напряжение от внутреннего давления

$$\sigma_п = p_{вн}[D_{вн} + (\delta - \delta_к)] / [2\varphi(\delta - \delta_к)],$$

где φ - коэффициент ослабления обечайки в продольном направлении из-за сварного шва.

Допускаемое напряжение $\sigma_д$ зависит от материала обечайки.

Напряжения σ, $\sigma_и$ и τ определяются для сечения, в котором они являются максимальными. При отсутствии в обечайке какой-либо из составляющих соответствующее ей напряжение принимают равным нулю.

Ширину опорной поверхности бандажа и роликов определяют по контактным и радиальным напряжениям:

$$\sigma_{max} = \sqrt{\frac{q(R_б + R_р)}{\pi(K_б + K_р)K_б K_р}},$$

где $q = N / b$ - интенсивность нагрузки; N - нормальная сила между роликом и бандажом; b - ширина опорной поверхности; $R_б$,

$R_р$ - радиусы бандажа и роликов; $K_б = \left(1 - \nu_б^2\right)/E_б$; $K_р = \left(1 - \nu_р^2\right)/E_р$; $\nu_б$, $\nu_р$ - линейная скорость соответственно бандажа и ролика; $E_б$, $E_р$ - модуль упругости соответственно бандажа и ролика.

6.1.2. МАШИНЫ С НОЖЕВЫМИ ВАЛАМИ

В отмочно-зольных и дубильных цехах кожзаводов жидкостные физико-химические процессы обработки полуфабриката, выполняемые партиями, чередуются с поштучной механической обработкой. К механическим операциям относятся операции мездрения, сгонки волоса и чистки лицевой поверхности, выполняемые на мездрильных машинах и их модификациях, обрядки - обрезки краев, разрезки на части, двоения на двоильно-ленточной машине. После завершения жидкостной обработки кожи подвергают отжиму, разводке и строганию.

Большинство механических операций обработки кожевенно-мехового полуфабриката выполняется на машинах с ножевыми валами (кроме двоения) и с валковыми транспортирующими механизмами. Как правило, такие машины имеют следующие механизмы и устройства: ножевой вал (у мездрильных и строгальных машин - с заточным устройством); прижимной обрезиненный вал или иное прижимное устройство; подающий шарнирный механизм; транспортирующий валковый механизм; гидро- или пневмопривод.

Размерные ряды кожевенных машин. Ширина рабочего прохода - рабочая длина ножевого вала определяется размерами обрабатываемой шкуры. В кожевенной промышленности приняты следующие типоразмеры машин по ширине прохода: 1200, 1500, 1800, 2200, 2700, 3200 мм. Для строгальных машин имеются также размеры 450 и 600 мм. В меховой промышленности приняты два типоразмера: 700 мм для мелких шкурок; 1200 (1500) мм для овчин. Количество и расположение рабочих органов зависит в основном от ширины рабочего прохода.

Основные технологические и технические параметры машин с ножевыми валами приведены в табл. 6.1.2 - 6.1.5.

6.1.2. Конструктивные и технологические параметры машин

Параметры	Машины			
	мездрильные	волососгонные	строгальные	разводные
Диаметр, мм:				
ножевого вала	155 ÷ 205	155 ÷ 205	155 ÷ 205	115 ÷ 365
по окружности ножей	208 ÷ 260	208 ÷ 260	210 ÷ 260	185 ÷ 420
Окружная скорость ножей, м/с	13 ÷ 19	3 ÷ 9	15 ÷ 21	11 ÷ 16
Число ножей (правых и левых)	8 ÷ 12	5 ÷ 18	8 ÷ 24	10 ÷ 16
Толщина ножей, мм	2,5 ÷ 4	3 ÷ 4	1,5 ÷ 2	4 ÷ 8
Угол подъема ножей, °	23 ÷ 35	60 ÷ 75	23	45 ÷ 75
Скорость транспортирования, м/с	0,4 ÷ 0,7	0,2 ÷ 0,5	0,1 ÷ 0,3	0,2 ÷ 0,5
Подача на нож, мм	2 ÷ 4	1 ÷ 5	0,1 ÷ 1	1 ÷ 5
Распределенная сила прижатия полуфабриката к ножевому валу, Н/см	15 ÷ 50	25 ÷ 50	50 ÷ 100	40 ÷ 130
Распределенная окружная сила на ножевом валу, Н/см	3 ÷ 9	5 ÷ 10	5 ÷ 15	8 ÷ 15

6.1.3. Техническая характеристика мездрильных машин

Параметры	Ширина прохода, мм				
	700	1500	1800	2200	3200
Производительность, шт/ч	450 кролика	340 опойка овчин	250 опойка	200 выростка	120 крупных кож
Установленная мощность, кВт	4	10	14 ÷ 18 / 9 ÷ 10	21 ÷ 30 / 10 ÷ 12	40 ÷ 47 / 28 ÷ 30
Масса, т	0,8	2,2 - 2,7	3 ÷ 4 / 3	4,4 ÷ 5 / 3,6	6,2 ÷ 7 / 6

Примечание. В знаменателе даны характеристики волососгонных и чистильных машин.

6.1.4. Техническая характеристика строгальных машин

Параметры	Ширина прохода, мм				
	450	600	1500	1800	3200
Производительность, шт/ч	55 опойка	57 полукож	184 полукож	150 кулатов	100 крупных кож
Установленная мощность, кВт	10	10 ÷ 23	50 ÷ 57	50 ÷ 60	80 ÷ 85
Масса, т	1	1,8 ÷ 2,3	5	5,2	7 ÷ 10

6.1.5. Техническая характеристика разводных машин

Параметры	Типы; ширина прохода, мм			
	Непроходные валичные; 1800	Проходные		Непроходные барабанные; 1800
		1200	1800	
Производительность, шт/ч	90 ÷ 110 полукож	400 получепраков	400 чепраков	120 чепраков
Установленная мощность, кВт	13 ÷ 22	36	41	24
Масса, т	2,7 ÷ 3,5	6,5	7,2	5

Технологические схемы машин. *Мездрильные машины* применяют для удаления подкожной клетчатки (мездры), прирезей мяса, сала, грязи (навала) с бахтармяной стороны шкур после их съема на мясокомбинате (в сырье) или после отмочно-зольных операций на кожзаводе (в голье). Мездра имеет меньшую прочность и сравнительно слабо связана с дермой, поэтому операции выполняются при определенной силе прижатия шкуры к ножевому валу, достаточной для отделения мездры без повреждения дермы. Происходит не столько резание, сколько сдирание мездры крупными фрагментами, чему способствует встречное направление подачи шкуры в мездрильных машинах.

В малых мездрильных машинах (рис. 6.1.6, *а*) шкура прижимается к ножевому валу *1* прижимным обрезиненным валом *3*, который одновременно является транспортирующим. При большей ширине прохода дополнительно применяют один (рис. 6.1.6, *б*) или два (рис. 6.1.6, *в* и *г*) рифленых транспортирующих вала *7*, причем в машинах с наибольшим

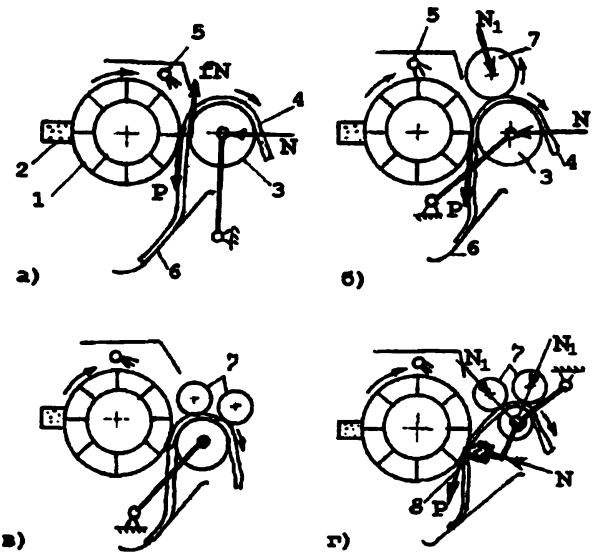


Рис. 6.1.6. Схемы мездрильных машин с шириной прохода:
а - 500 ÷ 700 мм; *б* - 1000 ÷ 1800 мм; *в* - 1800 ÷ 2500 мм; *г* - 2700 ÷ 3200 мм:
1 - ножевой вал; *2* - точильный камень; *3* - прижимной обрезиненный вал; *4* - полуфабрикат; *5* - подача воды; *6* - щиток для отвода мездры; *7* - рифленый транспортирующий вал; *8* - прижимная планка

проходом (2700 ÷ 3200 мм) три транспортирующих вала выделяют в отдельный блок, а прижим шкуры осуществляется с помощью резиновой планки *8* или пневматического вала.

Мездрильные машины являются непроходными, т.е. шкура обрабатывается за два приема. В исходном положении, когда прижимной вал отведен, на него забрасывается шкура лицевой поверхностью вниз, прижимной вал подводится к ножевому и обрабатывается первая половина шкуры. Вал отводится, шкура поворачивается необработанной частью внутрь машины и обрабатывается вторая ее половина. Проходные мездрильные машины пока не получили широкого распространения.

Волососгонно-чистильные машины для удаления волоса и чистки лицевой поверхности шкур после золения отличаются от мездрильных тем, что обработка лицевой поверхности шкур проводится тупыми ножами с пониженной скоростью и большим углом подъема. У машин отсутствует заточное устройство, валы *7* не рифленые, а обрезиненные.

Строгальные машины применяют для выравнивания кож по толщине и получения ровной поверхности со стороны бахтармы. При строгании одновременно с резанием осуществляется механическое воздействие на полуфабрикат вибрационного характера, что способствует формированию необходимых упругопластических свойств готовой кожи. Кожи хромового дубления строгают после отжима и разводки при влажности 55 ÷ 60 %.

При строгании проводится не "встречное", как при мездрении, а "попутное" резание. Нож подходит к фронту резания со стороны необработанной поверхности и может срезать стружку определенного сечения без выхватов, что повышает качество обработки поверхности. Но при этом значительно возрастают требования к качеству заточки ножей, равномерности их твердости, качеству балансировки вала, классу точности его подшипников, жесткости опор вала и всей конструкции машины. Для повышения качества строгания подача на нож принимается минимальной, увеличивается число ножей и снижается скорость подачи. Заточка ножей на современных машинах проводится автоматически во всех паузах между строганием.

Исходя из задачи получения заданной толщины кожи после строгания, в строгальных машинах применяют жесткий стальной прижимной вал, устанавливаемый относительно ножевого вала с высокой точностью (до 0,1 мм) с помощью специального механизма с индикатором, показывающим значение зазора.

Машины с шириной прохода 450 ÷ 600 мм (рис. 6.1.7, *а*, *б*) имеют ножевой вал *1* с точильным камнем *2* или кругом *5* для заточки ножей, прижимной вал *3* и расправочный вал *4* или стол *6*, на котором расправляются складки кожи перед подачей в машину. Строгание на машине проводится отдельными полосками за несколько проходов. Для облегчения манипулирования крупными кожами эти машины имеют станину открытого типа -

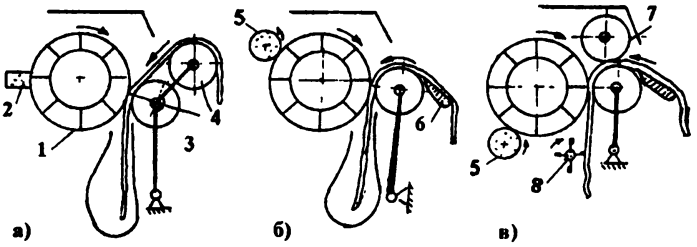


Рис. 6.1.7. Схемы строгальных машин с шириной прохода:
а и б - 450 + 600 мм; *в* - 1000 + 3200 мм

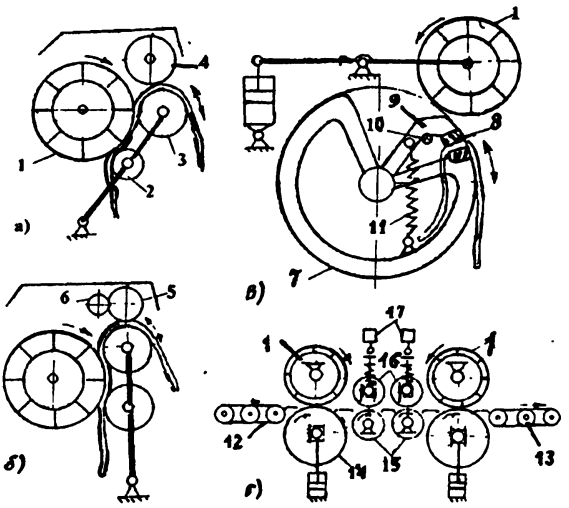


Рис. 6.1.8. Схемы разводных машин:
а, б - валичных непроходных; *в* - барабанных для подошвенных кож; *г* - проходных для чепраков

со свободным проходом в обе стороны перед ножевым валом.

На машинах с проходом 1500 + 3200 мм кожи обрабатываются сразу по всей ширине за один - два приема. Машины имеют дополнительный обрезиненный транспортирующий вал *7*, иногда отбойный вал *8* (рис. 6.1.7, *в*). Учитывая неравномерность изменения толщины кожи по топографическим участкам при сушке и отделке кож, механизм регулировки зазора широкопроходных машин имеет настройку на "косое" строгание, когда при строгании зазор со стороны полы увеличивается на величину необходимого припуска. При строгании целых кож иногда применяют прижимной вал бочкообразной формы.

При разработке широкопроходных машин особую проблему представляет борьба с вибрацией валов и других элементов конструкции, приводящей к снижению точности строгания и появлению таких дефектов, как рельефные полосы на обработанной поверхности ("лестница").

Разводные машины применяют для обработки кож всех видов путем их растяжения тупыми ножами с целью устранения складок, морщин, увеличения площади. Одновременно из кожи отжимается часть влаги, что способствует закреплению эффекта разводки. Оптимальная влажность для кож хромового дубления 55 + 60 % после отжима. Кожи для низа обуви разводят 2 раза: при влажности 40 + 45 %; при влажности 36 + 38 %. Для получения равномерной вытяжки разводку проводят от середины к краям в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Для разводки кож хромового дубления применяют непроходные валичные машины (рис. 6.1.8, *а* и *б*). Полуфабрикат прижимается к ножевому валу *1* с тупыми ножами двумя прижимными обрезиненными валами *2* и *3*. Благодаря увеличению длины дуги контакта и времени воздействия развиваются необратимые пластические деформации. Транспортирующие валы *3* и *4* имеют реверс для возмож-

ности повторной обработки отдельных участков без отвода прижимных валов. Для закрепления эффекта разводки и получения гладкой лицевой поверхности в некоторых случаях применяют обогреваемый до 50 + 90 °С зеркальный разглаживающий вал *5*, а для его постоянной очистки - валик *6* с фетровым покрытием.

Кожи для низа обуви разводят на барабанных непроходных и валичных проходных машинах. Наиболее универсальна барабанная машина (рис. 6.1.8, *в*), на которой разводят все части подошвенных кож - чепраки, полы и воротки. Кожа забрасывается в раскрытый зев машины так, чтобы большая часть ее свешивалась наружу. При движении барабана *7* против часовой стрелки кожа зажимается с помощью пружин *11* брусом *8*, подвешенным на рычагах *9*, и протаскивается под ножевым валом *1*, который прижимается гидроцилиндрами к обрабатываемой коже, лежащей на упругой покрышке барабана *7*. При обратном ходе барабана обработка продолжается до выхода кожи из-под ножевого вала. После этого рычаги *9* останавливаются, упираясь в упоры *10*, зев машины открывается. Кожа поворачивается и обрабатывается вторая половина.

На проходных машинах (рис. 6.1.8, *г*) обрабатываются чепраки и получепраки. Кожа укладывается на подводящий конвейер *12* и проходит под первым ножевым валом *1* на опущенный прижимной вал, а далее захватывается транспортирующими валами. Верхний подпружиненный вал *16* приподнимается на толщину кожи, срабатывает конечный выключатель *17*, который подает сигнал на подъем прижимных валов *14*. Кожа обрабатывается первым ножевым валом при встречной подаче (за исключением небольшой ее передней части) и повторно при попутной подаче вторым ножевым валом (кроме небольшого заднего участка), затем выводится отводящим конвейером *13*.

Некоторые зарубежные фирмы выпускают также стольные разводные машины с обработкой на столах с упругой покрышкой. Перспективно также выполнение операций отжима и разводки на одном агрегате.

Механизмы и устройства. *Ножевой вал* кожевенной машины представляет собой стальной цилиндр с профрезерованными спиральными канавками прямоугольного сечения, расходящимися от середины к краям вала. В канавках зачеканены медью или мягкой сталью спиральные ножи соответственно левого и правого направления, на стыках посередине вала ножи скруглены. После сборки ножевые валы тщательно балансируют.

Ножи изготовляют из стальной холоднокатаной ленты толщиной 2,5 ÷ 4 мм для мездрильных машин и 1,5 ÷ 2 мм для строгальных. Нож цементируют с передней рабочей стороны или с обеих сторон на глубину 0,15 ÷ 0,25 мм и закаливают до твердости 60 ÷ 80 $HRC_э$. Иногда ножи изготовляют из биметаллической ленты: передний режущий слой из твердой износостойкой стали, а задний - из более мягкой и пластичной.

Режущую кромку ножей мездрильных и строгальных машин затачивают под углом 90° (рис. 6.1.9, *а* и *б*) с помощью заточного устройства, имеющего точильный камень, перемещаемый вдоль вращающегося ножевого вала. Некоторые фирмы с целью уменьшения угла заточки ножа для строгальных машин применяют валы с ножами, установленными под углом φ к радиусу вала (рис. 6.1.9, *в*).

Ножи машин, обрабатывающих полуфабрикат фрикционным контактом - трением и давлением, имеют скругленную рабочую кромку (рис. 6.1.9, *г* и *д*). Их изготовляют из коррозионно-стойких материалов - латуни, коррозионно-стойкой стали.

Угол подъема винтовой линии ножа β (рис. 6.1.10) является его важнейшей характеристикой и выбирается в зависимости от назначения машины. При меньших углах снижается сила резания, увеличивается скольжение материала вдоль режущей кромки снижается угол резания α:

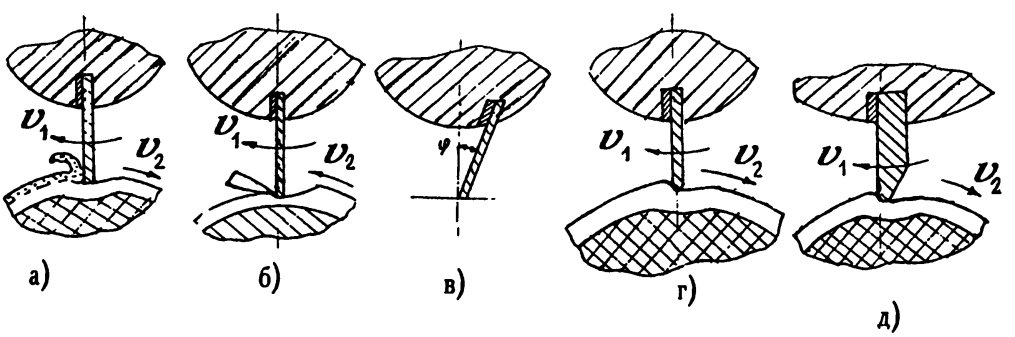


Рис. 6.1.9. Схемы взаимодействия ножей с полуфабрикатом кожевенных машин:
а - мездрильных; *б* - строгальных; *в* - с наклонным ножом; г - волосостонных и чистильных; *д* - разводных

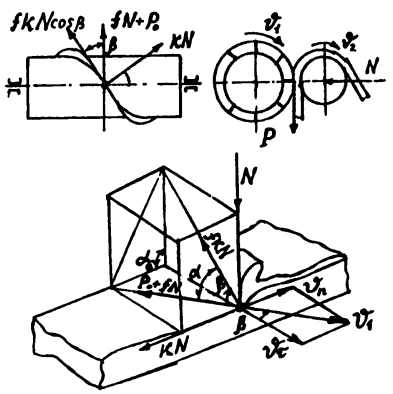


Рис. 6.1.10. Схема взаимодействия спирального ножа с полуфабрикатом

$$\sin\alpha \,/\, 2 = \sin\alpha_0 \,/\, 2\sin\beta,$$

где $\alpha_0 = 90°$ - угол заточки ножа.

При больших углах подъема растут затраты энергии на деформирование материала. Поэтому для обработки резанием угол подъема ножей выбирают $\beta \le 22°$ для строгальных машин и $\beta = 30 \div 35°$ для мездрильных, а для обработки фрикционным контактом и деформированием $\beta = 42 \div 75°$.

Исходные данные для расчета рабочих органов машины получают из анализа процесса их взаимодействия с обрабатываемым полуфабрикатом. В общем случае окружная и осевая силы, создаваемые одним ножом, могут быть определены из соотношений, приведенных ниже для разбивочных машин.

Полная окружная сила на ножевом валу

$$P = mP_1,$$

где $m = Lz \,/\, t$ - число контактов ножей с материалом; L - длина вала; z - число ножей; $t = \pi D_1 \mathrm{tg}\beta$ - шаг винтовой линии ножа; D_1 - диаметр по окружности ножей.

Силы растяжения материала ножами в осевом направлении Q_1 суммируются от края к середине вала, где соединяются две системы ножей - левая и правая.

Окружная сила на ножевом валу имеет две составляющие: первая определяет потери на трение и деформацию материала и пропорциональна силе прижатия, а вторая - затраты на отделение мездры, волоса, стружки и не зависит от силы прижатия. Так, для мездрения, сгонки волоса, разбивки окружная сила

$$P = (bq + a)\, sL, \qquad (6.1.1)$$

где a - коэффициент, характеризующий прочность связи удаляемого слоя с дермой; b - потери на деформацию и трение в контакте; q - распределенная сила прижатия; $s = \dfrac{\pi D_1}{z}\dfrac{v_2}{v_1}$ - подача на нож; v_1, v_2 - скорость соответственно ножа и материала.

Для мездрения овчин, например, получено $a = 0{,}48$ МПа; $b = 0{,}8$ 1/см при $q = 15 \div 20$ Н/см; $\beta = 23°$.

Для строгания при постоянной подаче на нож

$$P = (bq + kh)L,$$

где h - толщина срезаемой стружки; $k = 0{,}14$ МПа; $bq = 4$ Н/см.

Нагрузка на ножевом валу носит повторно-кратковременный характер: вал нагружается 3 - 5 раз в минуту по 1 ÷ 3 с. Поэтому вал снабжают иногда массивным маховиком, позволяющим преодолевать кратковременную перегрузку, в 1,5 - 2 раза превышающую номинальную мощность двигателя.

Статическая нагрузка на ножевой вал со стороны прижимного устройства, создающая изгиб вала, определяется из анализа взаимодействия ножевого и прижимного валов. Выполняется также расчет ножевого вала на динамическую устойчивость - определяют критическую частоту вращения.

Прижимные устройства большинства машин для механической обработки кожполуфабриката (кроме строгальных) обеспечивают заданную силу прижатия полуфабриката к рабочему валу независимо от прогиба валов и неравномерной толщины полуфабриката. В качестве прижимных устройств применяют: прижимные валы, ленту или конвейер, надетый на два вала. Для больших машин используют пневматический вал или резиновую планку. Известны и другие способы прижатия полуфабриката к ножевому валу, например струей воды.

Прижимной вал обычно выполняют в виде трубы, покрытой не менее чем двумя слоями резины. Внутренний слой жесткой резины (эбонит) толщиной около 7 мм увеличивает прочность соединения резинового покрытия с трубой. Наружный слой мягкой резины имеет толщину 20 ÷ 30 мм. Иногда применяют и третий тонкий, более жесткий слой для защиты мягкой резины от быстрого изнашивания. На концы трубы напрессовывают стальные цапфы, устанавливаемые в подшипниках.

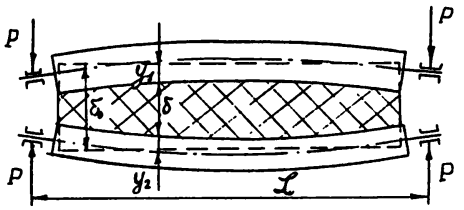


Рис. 6.1.11. Расчетная схема ножевого и прижимного валов с упругим материалом между ними

Равномерность распределения давления на полуфабрикат по ширине прохода и при колебаниях толщины зависит от жесткости и толщины резинового покрытия прижимного вала. Оптимальная жесткость покрытия может быть определена из статического расчета системы ножевого и прижимного валов с упругой прокладкой толщиной δ_0, зажатой между ними (рис. 6.1.11). Валы нагружены силами P - реакциями опор, приложенными к подшипникам. Концы валов можно считать шарнирно опертыми, так как при реальном прогибе валов возможен свободный поворот цапф без защемления в пределах допусков на зазоры даже сдвоенных роликовых подшипников.

Прогибы валов под действием распорной нагрузки, возникающей между ними, приводят к переменной по длине валов деформации упругой прокладки. Деформация, а следовательно, сила прижатия уменьшается к середине вала.

Деформация прокладки равна сумме прогибов (осадок) валов:

$$y = y_1 + y_2;\ \delta_0 = \delta + y_1 + y_2.$$

Прогибы валов обратно пропорциональны их жесткостям:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{E_1 J_1}{E_2 J_2} = B.$$

Интенсивность нагрузки пропорциональна деформации прокладки:

$$q = C(y_1 + y_2) = Cy_1(1 + B), \qquad (6.1.2)$$

где C - коэффициент постели, или жесткости; зависит от жесткости и толщины резинового покрытия, условий контакта ножей с покрытием (их числа, толщины, угла наклона, диаметра валов). Выражение (6.1.2) носит линейный характер и не зависит от свойств полуфабриката.

Прогиб ножевого вала $y_{1к}$ с краю и $y_{1с}$ посередине

$$y_{1к} = \frac{4P\beta}{C}\frac{\operatorname{ch}\frac{\beta L}{2}\cos\frac{\beta L}{2}}{\operatorname{sh}\beta l + \sin\beta L};$$

$$y_{1с} = \frac{2P\beta}{C}\frac{\operatorname{ch}\beta L + \cos\beta L}{\operatorname{sh}\beta l + \sin\beta L}.$$

Изгибающий момент

$$M_к = \frac{2P}{\beta}\frac{\operatorname{ch}\frac{\beta L}{2}\sin\frac{\beta L}{2}}{\operatorname{sh}\beta L + \sin\beta L}.$$

Отношение интенсивностей нагрузки посередине и с краю вала характеризует неравномерность распределения нагрузки по длине вала:

$$\frac{q_к}{q_с} = \frac{2\operatorname{ch}\frac{\beta L}{2}\cos\frac{\beta L}{2}}{\operatorname{ch}\beta L + \cos\beta L}.$$

При уменьшении жесткости резинового покрытия прижимного вала снижается неравномерность нагрузки, характеризуемая отношением $q_к / q_с$, но растет деформация покрытия, что вызывает его сильный износ и увеличивает расход мощности на ножевом валу. Существует оптимальная жесткость (1 ÷ 1,5 МПа), при которой деформация покрытия невелика, а неравномерность нагрузки находится в допустимых пределах $q_к / q_с = 0{,}8$.

Прогиб ножевого вала, определяемый как разность его осадок $\Delta y = y_{1с} - y_{1к}$ и изгибающий момент $M_к$ достигают максимальных значений при малых жесткостях покрытий; при $C = 0$ их значения соответствуют случаю равномерно-распределенной нагрузки.

В мездрильных и волососгонно-чистильных машинах с проходом 2700 ÷ 3200 мм, на которых обрабатываются крупные шкуры в целом виде, не удается достичь нужной равномерности прижатия шкуры с помощью обрезиненного вала. В этом случае применяют пневматический прижимной вал или резиновую планку. Пневматический вал представляет собой герметичную резиновую камеру с резиновой покрышкой, которая закреплена на концевых втулках, через которые проходит труба подачи сжатого воздуха. Вал закреплен на траверсе подающего механизма и упирается в гибкую стальную пластину, профиль которой регулируется нажимными болтами, благодаря чему появляется возможность равномерного прижатия шкуры к ножевому валу, учитывая его прогиб и изменение толщины шкуры по ширине прохода. Вместо пневматического вала во многих мездрильных машинах используют резиновую планку прямоугольного или круглого сечения, прижимаемую к обрабатываемой

шкуре расположенными вдоль нее гидроцилиндрами.

В разбивочных, мягчильных, гладильных машинах широко применяют прижимные устройства в виде упругой ленты или прижимного конвейера. Ленточный прижим по сравнению с валковым обеспечивает большую площадь контакта и равномерность нагрузки, что позволяет снизить напряжения в обрабатываемом материале и создать для меховых шкурок более "щадящий" режим обработки. Кроме того, возрастает время воздействия на обрабатываемый материал и благодаря необратимым пластическим деформациям закрепляется эффект обработки. В случае установки двух прижимных валов в разводных и отжимных машинах роль прижимной ленты выполняет обрабатываемый полуфабрикат.

Прижимное устройство с неподвижной лентой используется в малых машинах, в которых шкурку при обработке перемещают вручную. Один конец ленты натягивается пружиной, а второй перемещается в рабочее положение прижимным механизмом с ножным приводом или пневматическим.

При расчете прижимного устройства определяется связь между силой T натяжения ленты, силой N прижатия ее к рабочему валу и окружной силой P на валу. Ленту изготовляют из достаточно жесткого материала (металлической сетки со слоем войлока, жесткой кожи), поэтому при расчете должна учитываться ее жесткость EJ.

Интенсивность нагрузки в контакте ленты с валом

$$q = \frac{T}{r}e^{f\alpha} - \frac{EJ}{r^3},$$

где r - радиус вала; α - угол обхвата ленты; f - коэффициент трения рабочего вала о полуфабрикат.

Окружная сила на валу

$$P = T\left(e^{f\alpha} - 1\right) - \frac{EJ}{r^2}.$$

Равнодействующая нормальных сил, действующих со стороны ленты на вал,

$$N = T\left(1 + e^{f\alpha}\right)\sin\frac{\alpha}{2} - \frac{EJ}{r^2}.$$

В машинах с проходом 1200 ÷ 1500 мм применяют прижимной конвейер, который является одновременно и транспортирующим органом. Сила прижатия конвейера зависит от жесткости $C_п$ и силы P_0 начальной затяжки натяжных пружин конвейера, а также от прогиба y и соответственно угла α обхвата ленты:

$$N = \left[P_0 + \frac{C_п}{2}\left(l - \sqrt{l^2 - 4y^2}\right)\right]\left(1 + e^{f\alpha}\right)\frac{y}{l} - \frac{EJ}{r^2}, \quad \alpha = 2\arccos\sqrt{1 - \frac{4y^2}{l^2}},$$

где l - межцентровая длина конвейера; y - прогиб ленты.

Валковые транспортирующие механизмы перемещают полуфабрикат при обработке. Число валков определяется технологической схемой и необходимой силой тяги. Один из валков имеет эластичное резиновое покрытие и в машинах с проходом 2200 мм и менее используется одновременно в качестве прижимного.

Механизм должен обеспечивать: заданную технологическую скорость транспортирования 0,05 ÷ 0,7 м/с; заданную тяговую силу; допустимые нагрузки и деформации полуфабриката в зоне контакта валов.

Заданная скорость транспортирования обеспечивается кинематической схемой механизма, получающего движение от общего привода машины или от отдельного электро- или гидродвигателя. В последнем случае облегчается регулирование скорости транспортирования.

Мощность, потребляемая транспортирующим механизмом, расходуется на создание силы тяги, преодоление потерь на трение в контактах валов и цапфах:

$$W_{тр} = \eta\left(\pm T + \sum_1^n P_к + \sum_1^m P_ц\right)v_т,$$

где η - суммарный КПД передач от двигателя к механизму; T - преодолеваемое полезное сопротивление; знак (+) для механизмов со встречной подачей, знак (-) - при попутной подаче; $\sum_1^n P_к$ - сумма окружных сил трения качения валов; $P_к = f_к N / r$; $f_к$ - коэффициент трения качения; r - радиус обрезиненного вала; n - число контактов валов; $\sum_1^m P_ц$ - сумма окружных сил на преодоление трения в цапфах; $P_ц = Nf_ц\frac{d}{D}$; где $f_ц$ - коэффициент трения в цапфе; d, D - диаметр цапфы и вала; m - число валов; $v_т$ - скорость транспортирования.

Потери на трение качения транспортирующих валов значительны и часто превышают полезное сопротивление. В диапазоне

реальных скоростей транспортирования коэффициент трения качения (плечо трения) линейно зависит от скорости:

$$f_к = 2\tau v_т,$$

где τ - постоянная времени релаксации резинового покрытия вала с лежащим на нем полуфабрикатом; для резин $\tau = 0{,}005 \div 0{,}014$; слой толстого голья, лежащий на резине, повышает τ до 0,05.

Необходимые силы прижатия транспортирующих валов для создания заданной тяговой силы могут быть определены из следующих силовых соотношений для одно-, двух- и трехвалковых транспортирующих механизмов:

$$P \le fN;$$

$$P \le fN + (f + f_1)\, N_1 e^{f\alpha};$$

$$P + fN \le (f + f_1)\, N_1 (1 + e^{f\alpha}),$$

где P - окружная сила на ножевом валу; N - сила прижатия шкуры к ножевому валу; N_1 - сила прижатия транспортирующих валов; f и f_1 - коэффициенты трения лицевой и бахтармяной стороны шкуры о соответствующие поверхности.

Анализ напряженного состояния в контакте валов позволяет определить:

максимальную деформацию резинового покрытия вала

$$y_0 = \sqrt{\frac{9}{32}\frac{q^2 D_к}{r_1^2 C^2}};$$

ширину полоски контакта

$$b = 2\sqrt[3]{\frac{2q r_1^2}{3CD_к}};$$

максимальное нормальное напряжение в контакте

$$\sigma_m = \sqrt[3]{\frac{9}{32}\frac{q^2 D_к C}{r_1^2}};$$

максимальное касательное напряжение

$$\tau_m = 0{,}192\frac{q}{r_1}.$$

где $D = r_1 + r_2$; r_1, r_2 - радиусы соответственно стального и обрезиненного вала; $q = N_1 / L$ - интенсивность нагрузки, Н/м; L - длина вала; C - жесткость резинового покрытия, Па/м; $C = E / h$; E - модуль упругости резины; h - толщина покрытия.

Практически распределенная сила прижатия транспортирующих валов не должна превышать 30÷40 Н/см для кожевенного и 15÷20 Н/см для мехового полуфабриката.

Как правило, обрезиненный и рифленый валы в рабочем положении кинематически жестко связываются зубчатыми колесами. Вторая фрикционная связь валов в их контакте приводит к образованию замкнутого контура, в котором может циркулировать значительная неиспользуемая мощность. Это явление приводит к проскальзыванию валов в контакте, появлению напряжений сдвига и повреждению полуфабриката со слабой кожевой тканью. Для устранения этого явления рекомендуется, например, разрывать жесткую кинематическую связь между валами введением фрикционной муфты.

Подающие механизмы перемещают полуфабрикат с прижимным устройством к рабочему валу и обратно. По способу установки прижимного вала или иного устройства для прижатия полуфабриката подающие механизмы можно классифицировать следующим образом: подающий вал перемещается по направляющим, установлен на качающейся раме, подвешен на качающихся рычагах. Применение механизмов первого типа оправдано только для машин с небольшим ходом прижимного вала, работающих в отделочных цехах. Механизмы с вращающимися парами дешевле, чем механизмы с направляющими, более точны и лучше защищены от коррозионно-активной среды.

По типу привода различают механизмы: с ножным приводом; с электромеханическим приводом (обычно через фрикционную муфту с упругим сжимом); с гидро- и пневмоприводом. Первый тип привода применяют в машинах с проходом до 700 мм, а электромеханический и гидропривод при ширине прохода до 3200 мм.

Гидропривод позволил создавать машины более простой кинематической схемы, повысить быстродействие, надежность, степень стандартизации конструкций, оснастить машины надежными устройствами безопасности (предохранительными планками). Меняя длины валов и соединяющих стойки траверс, можно получать машины с разной шириной прохода, а меняя рабочие валы и комбинируя транспортирующие валы - машины различного технологического назначения. С учетом мелкосерийности выпуска машин кожевенно-мехового производства, такой путь является наиболее прогрессивным, так как при этом резко ускоряется разработка новых машин, удешевляется производство, упрощается ремонт машин и снабжение запасными частями.

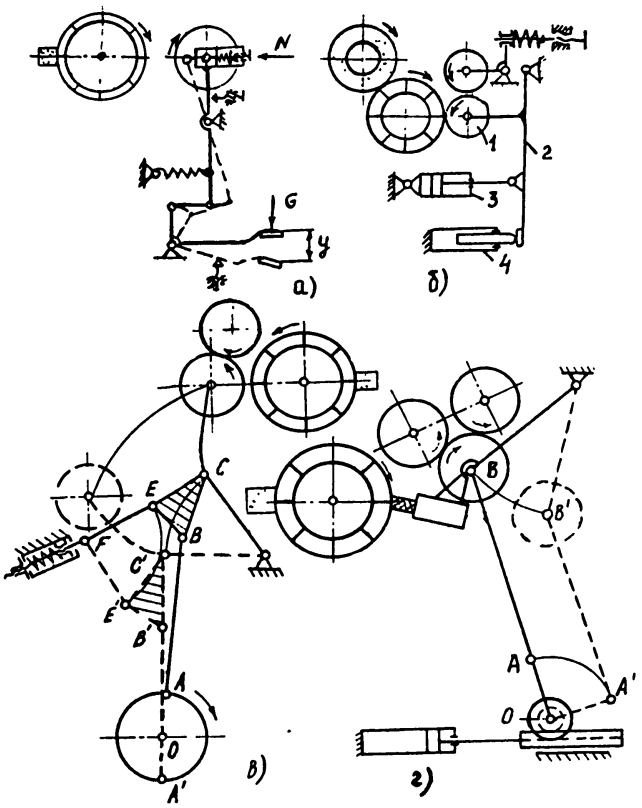


Рис. 6.1.12. Схемы подающих механизмов машин:
а - мездрильной М6-70; *б* - строгальной Турнер-622; *в* - ММ-1625; *г* - ММГ-3200К

Применение пневмопривода перспективно для малых и средних машин с простыми диафрагменными прижимными механизмами, особенно при наличии на предприятии централизованного снабжения сжатым воздухом.

Независимо от типа привода каждый подающий механизм содержит шарнирный механизм: с простыми рычагами или со спрямляющими рычагами.

В машинах с простыми рычагами и ножным приводом (рис. 6.1.12, *а*) объединены функции подающего и прижимного механизмов: при нажатии на педаль прижимной вал сначала подводится к ножевому, а затем прижимается к нему с силой N, пропорциональной силе на педали. Работа таких простейших механизмов ограничена допускаемой силой на педаль G и ее ходом y; реально можно получить силу прижатия $N \leq 2$ кН. Применение механизмов с простыми рычагами в некоторых моделях строгальных машин оправдано, когда необходимо получить механизм максимально жесткий, обеспечивающий высокую точность регулирования толщины строгания. В механизме, представленном на рис. 6.1.12, *б*, прижимной вал *1* подвешен на качающейся раме *2*, перемещаемой к ножевому валу гидроцилиндром *3*. Крайнее положение рамы, определяющее толщину строгания, регулируется упором-плунжером гидроцилиндра *4* с большой точностью. Недостаток такой схемы - большие габаритные размеры и мощность гидроцилиндра *3*, служащего не только для перемещения вала *1*, но и для его прижатия. Соответственно требуется насос со значительной подачей, чтобы обеспечить приемлемое время срабатывания механизма. Необходимо также гидравлическое демпфирование гидроцилиндра 3 в крайних положениях его поршня во избежание резких ударов при подводе и отводе вала. Однако эти недостатки окупаются простотой и жесткостью механизма.

В большинстве современных машин в качестве подающего механизма используют шарнирные механизмы со спрямляющими рычагами (рис. 6.1.12, *в*, *г*). Обычно применяют шарнирный четырехзвенник, реже - шестизвенник с подпружиненной опорой для регулирования давления на полуфабрикат.

Главной особенностью этих механизмов является то, что в рабочем положении механизм находится в "мертвом" или близком к нему положении, т.е. кривошип $0A$ и шатун AB вытянуты в одну линию. В шестизвенном механизме (рис. 6.1.12, *в*), кроме того, спрямлены звенья CE и EF, передающие реакцию полуфабриката на пружину. Этим достигается, во-первых, плавный безударный подвод прижимного вала к ножевому, во-вторых, разгрузка привода механизма от сил, передаваемых на полуфабрикат. В результате привод механизма рассчитывают только на преодоление сравнительно небольших нагрузок, возникающих при перемещении механизма, и он имеет небольшую мощность.

Существуют два вида подающих механизмов со спрямляющими рычагами: с кривошипом; с непосредственным приводом от гидро- или пневмоцилиндра. Наилучшими кинематическими и динамическими характеристиками обладает кривошипный механизм, у которого оба крайних положения - мертвые. При этом облегчается трогание механизма с места и происходит плавный подвод и отвод прижимного вала. Такой тип механизма применяют в большинстве машин зарубежных фирм.

Механизмы с кривошипом, совершающим меньше 1/2 оборота, у которых только рабочее положение мертвое, применяют в отечественных мездрильных машинах ММГ (рис. 6.1.12, *г*). Недостатками таких механизмов являются большие нагрузки при трогании из холостого положения и резкая остановка при возврате в это положение, которое не является мертвым. Следует отметить, что при использовании прямых шатунов и кривошипного вала, соединяющего механизмы правой и левой стоек, поворот кривошипа на 180° невозможен - шатун упирается в кривошипный вал. Есть два решения этой проблемы - применение эксцентрика вместо кривошипного пальца, или изгиб шатуна, чтобы кривошип мог проходить во второе мертвое положение. Первый способ используют во многих строгальных машинах, в которых перемещение прижимного вала невелико, а второй - в мездрильных, разводных и других машинах зарубежных фирм.

Для поворота кривошипного вала от гидропривода применяют открытую передачу рейка-зубчатое колесо или ту же передачу в закрытом исполнении с приводом от двойного гидроцилиндра. Специальный лопастной неполноповоротный гидродвигатель обеспечивает поворот кривошипного вала на 180° без каких-либо промежуточных передач. Механизмы с приводом от гидро- или пневмоцилиндра конструктивно проще кривошипных. Они имеют только одно мертвое положение - рабочее, однако обеспечивают вполне приемлемые кинематические и динамические характеристики.

Основные структурные схемы подающих механизмов кожевенных машин приведены в табл. 6.1.6.

Все подающие механизмы имеют регулировки крайних положений прижимного вала и его параллельности ножевому валу: ограничительными упорами; смещением подшипников прижимного вала относительно качающейся рамы; изменением длин звеньев механизма. Кроме того, имеются специальные технологические регулировки в зависимости от вида сырья и параметров обработки. В мездрильных, волососгонно-чистильных, разводных, отжимных, разбивочных машинах основной является регулировка силы прижатия полуфабриката к рабочему валу. Сила прижатия регулируется:

устройством, встроенным непосредственно в прижимной орган: подпружиненными подшипниками прижимного вала, установленного на качающейся раме (см. рис. 6.1.12, *а*);

пневматическим прижимным валом с жесткостью, регулируемой изменением давления воздуха и силой прижатия, регулируемой с помощью нажимных болтов; резиновой планкой, в которую упираются 20 регулируемых гидроцилиндров (см. рис. 6.1.12, *г*);

упругой регулируемой опорой механизма с пружиной или пневмодиафрагмой (см. рис. 6.1.12, *в*);

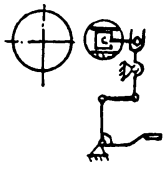
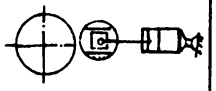
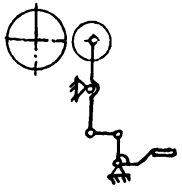
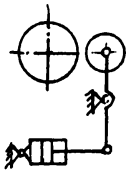
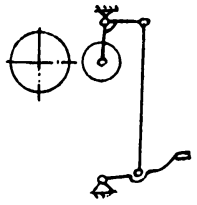
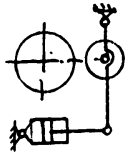
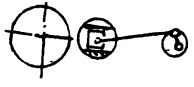
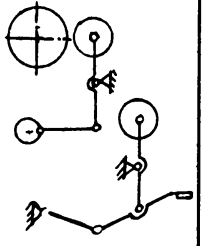
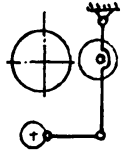
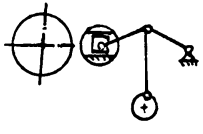
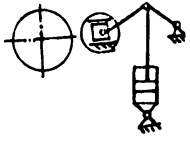
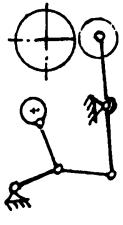
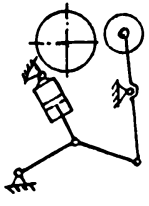
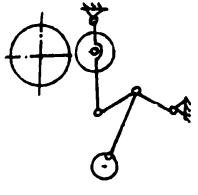
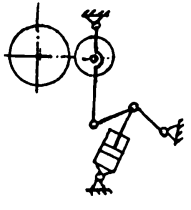
гидроцилиндром, встроенным в шатун подающего механизма.

Для машин, имеющих два прижимных вала (с прижимной лентой или без нее), часто необходимо обеспечить раздельную регулировку силы прижатия валов. Например, у машин для разбивки-мягчения овчин, глажения меха (рис. 6.1.13, *а*) сила прижатия верхнего прижимного вала *5* регулируется пружинами *6*. Нижний вал *2* с надетой на него упругой лентой *1* подвешен на рычагах *4*, положение которых, а следовательно, сила прижатия нижнего вала регулируется эксцентриком *3*.

В отжимно-разводных машинах (рис. 6.1.13, *б*) сила прижатия 150 кН между отжимными валами *1* и *5* создается гидроцилиндрами *4*, а сила прижатия до 10 кН между разводным *6* и прижимным *7* валами - пружинами *3* и регулируется кулачками *2*. Подвеска нижнего прижимного вала на отдельных рычагах позволяет прижимным валам поворачиваться и располагаться в холостом положении примерно вертикально, что облегчает забрасывание шкуры, которая в этом случае легко расправляется.

Регулировка толщины строгания строгальных машин осуществляется изменением зазора между жестким прижимным и ножевым валами в рабочем положении в основном четырьмя способами: ограничением хода ка-

6.1.6. Основные структурные схемы подающих механизмов кожевенных машин

Механизм	С ползунными опорами		С качающейся рамой (нижняя опора)		С качающимися рычагами (верхняя опора)	
	Кривошип или ножной привод	Привод от гидроцилиндра	Кривошип или ножной привод	Привод от гидроцилиндра	Кривошип или ножной привод	Привод от гидроцилиндра
С простыми рычагами						
Со спрямляющимися рычагами: четырехзвенный		—		—		—
шестизвенный						

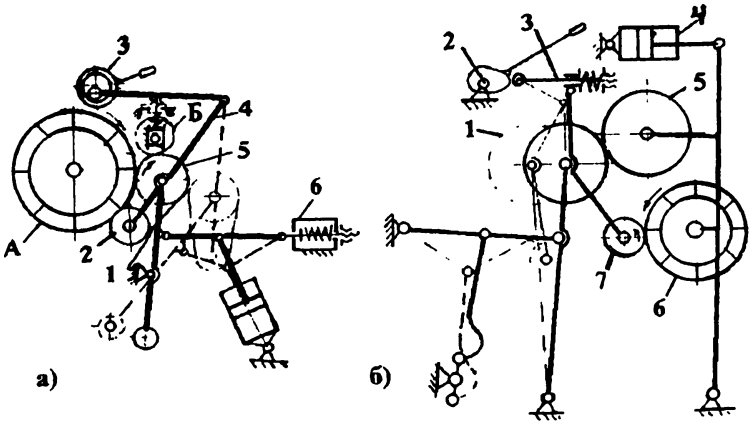


Рис. 6.1.13. Схемы подающих механизмов машин с регулировкой силы прижатия:
а - для разбивки и мягчения овчин; б - отжимно-разводной

чающейся рамы с помощью регулируемого упора; смещением оси качания рамы; изменением длины звена подающего механизма; смещением ножевого вала.

6.1.3. ДВОИЛЬНО-ЛЕНТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Двоение кожевенного полуфабриката, т.е. разделение его по толщине, может осуществляться в голье, после хромового дубления, или в сухом виде. В ходе обработки материал может быть разделен на два или большее количество слоев (спилков). Наиболее прогрессивным является двоение в голье, позволяющее более рационально использовать сырье и химические реактивы. Однако в этом случае при двоении необходимо обеспечить определенное распределение толщины лицевого спилка, что требует некоторого конструктивного усложнения машины.

Режущим инструментом двоильно-ленточных машин является ленточный нож *6* (рис. 6.1.14), выполненный в виде замкнутой стальной ленты, огибающей два шкива. Двоение полуфабриката *2* проводится верхней ветвью ножа, который движется в зазоре между бандажами *5* и *9* приемного стола *8*. Передняя (левая) кромка ленты ножа имеет двустороннюю заточку, а задняя - контактирует с опорными планками *7*.

Материал, уложенный на стол *1* лицевой поверхностью вверх, вручную разравнивается и подается на нож с помощью калибрующего *3* и кольчатого *11* валов. Лицевой спилок поступает на стол *8*, а нижний спилок под действием собственного веса перемещается вниз по поверхности плиты *10*. Для предотвращения отклонения толщины лицевого спилка от заданной толщины над калибрующим валом установлены находящиеся с ним в контакте нажимные ролики *4*. В зависимости от ширины рабочего прохода машины их число находится в пределах от трех до семи.

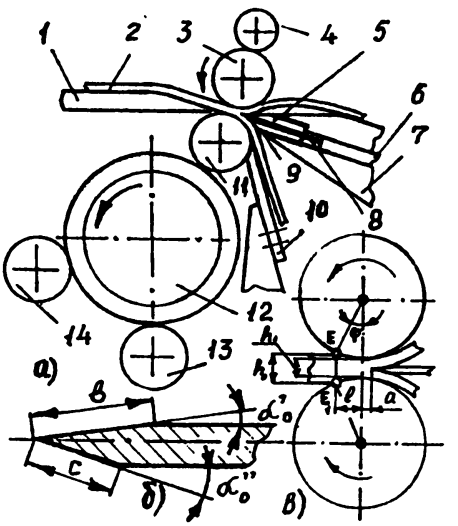


Рис. 6.1.14. Взаимодействие рабочих органов двоильно-ленточных машин с полуфабрикатом:
а **- технологическая схема;** ***б*** **- сечение ножа, перпендикулярное режущей кромке;** ***в*** **- схема деформации материала при транспортировании**

Для двоения сухих кож используют гладкий калибрующий вал. Для обработки голья и дубленого полуфабриката служат рифленые валы с рифлением, выполненным по спирали, расходящимся от середины вала, глубиной 0,6 ÷ 0,8 мм для голья и 0,2 мм для дубленого полуфабриката.

Соприкасающаяся с нижней стороной полуфабриката поверхность кольчатого вала образована установленными с небольшим (0,1 ÷ 0,2 мм) зазором между их торцами металлическими кольцами, насаженными на резиновые втулки. Втулки надеты на основание (цилиндрический стержень) вала *11* и прикреплены к нему стальными шайбами.

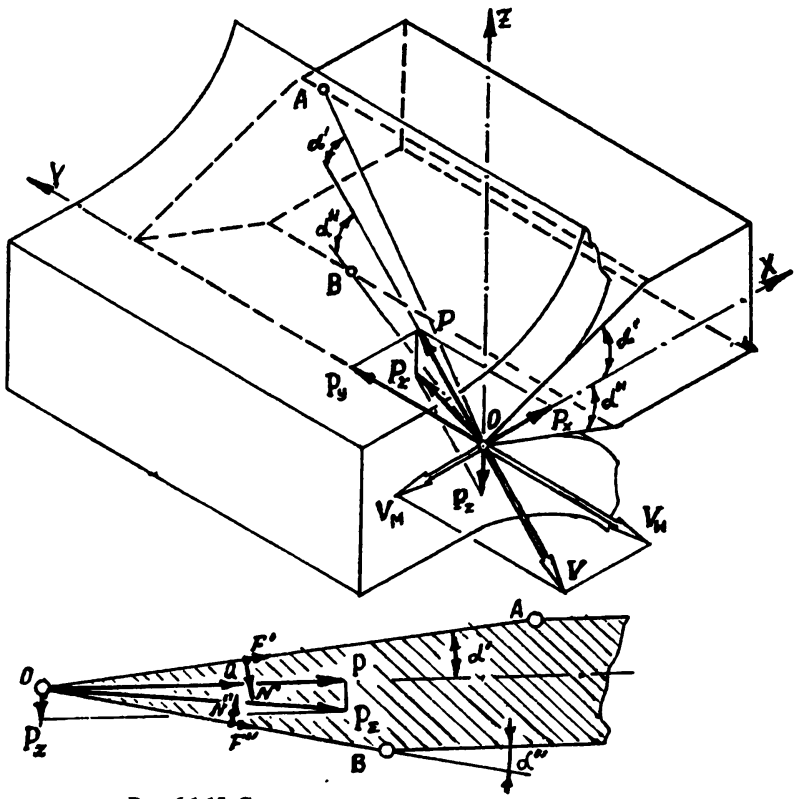


Рис. 6.1.15. Схема нагружения лезвия ленточного ножа

Кольчатый вал опирается на поверхность обрезиненного вала *12*, который поддерживается гладкими опорными роликами *13* и *14* (у машин с рабочим проходом до 2200 мм обычно один ролик). Подобное конструктивное решение позволяет значительно снизить связанные с неравномерной толщиной обрабатываемого материала колебания давления на нижнюю поверхность полуфабриката и нижнюю фаску ножа, обеспечивает одинаковую скорость перемещения нижнего спилка по всей ширине и тем самым исключает образование складок на его поверхности.

Материал ножей - холоднокатаная стальная лента толщиной 1,3 ÷ 1,5 мм, шириной 80 ÷ 96 мм. Концы заготовки ножа, предварительно скошенные под углом 45°, соединены пайкой твердым припоем. Материал ножа - инструментальная углеродистая сталь марки У8А. Временное сопротивление ленты при растяжении не ниже 1250 МПа. Лента подвергается закалке с последующим высоким отпуском, что обеспечивает повышение твердости материала до 44 ÷ 45 $HRC_э$. Срок службы ножа (180 ÷ 200 ч) зависит от качества материала ленты, тщательности спайки ее концов, условий термообработки и эксплуатации.

Движение ножа, перпендикулярное к направлению подачи полуфабриката, позволяет снизить силы сопротивления материала резанию. Исходными характеристиками взаимодействия ножа с материалом являются угол заточки $\alpha_0 = \alpha'_0 + \alpha''_0$ и угол резания α (рис. 6.1.15). Углом заточки называется плоский угол, образованный линиями пересечения граней ножа с плоскостью, перпендикулярной к его режущей кромке. Угол резания представляет собой плоский угол, образованный линиями пересечения граней клина ножа с плоскостью $A0B$, задаваемой вектором скорости v относительного перемещения ножа и материала и перпендикуляром к плоскости, в которой перемещается нож. Указанные характеристики связаны соотношением

$$\alpha = \alpha' + \alpha'' = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha'_0}{\sqrt{1+(v_н/v_м)^2}}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha''_0}{\sqrt{1+(v_н/v_м)^2}}\right),$$

где $v_н$ - скорость ленточного ножа; $v_м$ - скорость подачи материала на нож.

Скорость ножа больше скорости подачи материала в 20 - 40 раз, что позволяет уменьшить угол резания по сравнению с углом заточки в 40 - 80 раз.

Соотношение скоростей ножа и материала в значительной степени определяет и действующие на нож силы. Предполагается, что равнодействующая P_Σ этих сил действует в плоскости, образованной углом резания α. Составляющие P_x, P_y и P_z этой силы связаны с силой Q внедрения режущей кромки ножа в материал, силами N' и N'' нормального давления и силами $F' = N'f_н$, $F'' = N''f_н$ трения со стороны полуфабриката соотношениями:

$$P_x = \left[Q + N'\left(\sin\alpha' + f_н\cos\alpha'\right) + N''\left(\sin\alpha'' + f_н\cos\alpha''\right)\right]\frac{v_м}{v};$$

$$P_y = \left[Q + N'\left(\sin\alpha' + f_н\cos\alpha'\right) + N''\left(\sin\alpha'' + f_н\cos\alpha''\right)\right]\frac{v_н}{v};$$

$$P_z = N''\left(\cos\alpha'' - f_н\sin\alpha''\right) - N'\left(\cos\alpha' - f_н\sin\alpha'\right),$$

где $f_н$ - коэффициент трения материала о нож.

Наличие составляющей P_z может привести к изгибу ножа в области режущей кромки и его форсированному изнашиванию, а также к ухудшению качества двоения вследствие перемещения режущей кромки и вибрации ножа в вертикальном направлении. Последнее явление обусловлено неравномерностью толщины, плотности и жесткости полуфабриката по отдельным топографическим участкам. На современном оборудовании снижение P_z достигается рациональным выбором углов α'_0 и α''_0 и длин b и c фасок ножа (см. рис. 6.1.14).

На нагружение ножа и качество двоения влияет также координата a расположения режущей кромки ножа относительно валов, подающих материал. При малых значениях a возрастает сопротивление перемещению материала вследствие его дополнительного сжатия между валами и гранями клина ножа. При больших значениях a происходит продольный изгиб материала и ухудшается качество обработки. Режущую кромку ножа рекомендуется располагать с небольшим заходом за границу зоны деформации материала между валами. Для валов с одинаковыми диаметрами, предполагая, что полуфабрикат подвергается преимущественно упругой деформации, зона деформации материала валами симметрична относительно плоскости осей валов и ее выходное сечение отстоит от этой плоскости на одном и том же расстоянии l, что и входное сечение EE_1. Тогда координата режущей кромки ножа

$$a = \kappa l = \kappa\left(R - \frac{h_0 - h_1}{2}\right)\operatorname{tg}\varphi,$$

где h_0 и h_1 - толщина материала до деформации и в наиболее сжатом сечении; φ - угол контакта валов с материалом; κ - коэффициент; $\kappa = 0{,}6$ для сухих кож; $\kappa = 0{,}8$ для голья.

Конструктивные параметры рабочих органов двоильно-ленточных машин приведены в табл. 6.1.7.

6.1.7. Параметры рабочих органов двоильно-ленточных машин

Параметры	Полуфабрикат		
	После золения	После дубления	Сухая кожа
Диаметр калибрующего и кольчатого валов, мм	60	50	50
Размеры, мм:			
a	5 ÷ 7	4 ÷ 5,5	2,5 ÷ 3,5
b	5 ÷ 7	4 ÷ 7	4 ÷ 6
c	5,7	4,1	2,5 ÷ 4
Углы, °:			
α'_0	7	8,5	10 ÷ 7
α''_0	5	7	11,5

Ширина рабочего прохода машин, выпускаемых фирмами Германии, Италии, Франции, Чехии 1500 ÷ 3000 мм. У отдельных модификаций машин верхняя и нижние ветви ленты ножа расположены горизонтально, в связи с чем нажимные ролики, калибрующий и кольчатый валы находятся в одной вертикальной плоскости, перпендикулярной к плоскости движения рабочей ветви ножа.

Независимо от конструктивной модификации в механической части машин можно выделить два функциональных блока: обеспечения функционирования ножа и механизмов подачи материала. Первый блок включает систему привода и натяжения ножа, механизм подачи ножа по мере его стачивания, верхнее и нижнее заточные устройства.

Заточка лезвия ножа производится раздельно по верхней и нижней плоскостям его режущего клина образивными кругами соответственно верхнего и нижнего заточных устройств. Круги установлены на верхней ветви ножа рядом с ведущим шкивом. Каждое заточное устройство снабжено индивидуальным электродвигателем.

Ведущий шкив ленточного ножа получает движение от электродвигателя через зубчатую передачу. Ось ведомого шкива соединена с натяжным устройством. Натяжение ленточного ножа проводится с помощью оборудованной гидравлическим демпфирующим устройством винтовой передачи или гидроцилиндра. Положение режущей кромки ножа контролируется датчиком, установленным в зоне между верхним заточным устройством и ведущим шкивом. По мере стачивания лезвия ножа датчик включает шаговый двигатель, от которого движение передается через червячные и винтовые передачи на опорные планки, контактирующие с тыльной частью ленты ножа.

В блок механизмов подачи материала входят: система привода калибрующего и кольчатого валов, механизм перемещения каретки машины, система перемещения ее траверсы. Привод калибрующего и кольчатого валов осуществляется или от электродвигателя через вариатор скорости, систему зубчатых передач и передачи карданными валами, или от гидромотора. В последнем случае необходимость в вариаторе скорости отпадает. Каретка машины выполнена в виде шарнирно соединенной со станиной рамы, получающей движение от гидроцилиндров (обычно двух). На раме установлены загрузочный стол, подшипники кольчатого и обрезиненного валов, опорных роликов.

Траверса машины несет подшипники калибрующего вала и нажимных роликов. Она перемещается перпендикулярно плоскости рабочей ветви ленточного ножа. Система перемещения траверсы включает механизмы: ее подъема - опускания для фиксации номинального зазора между ножом и калибрующим валом; смещения опор калибрующего вала и нажимных роликов для заданного распределения зазора по ширине рабочего прохода машины. Оба механизма имеют аналогичную структуру. Их основой является или комбинация червячных и винтовых передач, или осуществляющие перемещение суппортов траверсы гидроцилиндры. В современных машинах предусмотрена возможность изменения зазора между ножом и калибрующим валом путем изгиба последнего в плоскости, перпендикулярной к направлению перемещения полуфабриката. Это необходимо при двоении голья для достижения увеличенной толщины верхнего спилка на относительно рыхлых его участках, толщина которых наиболее интенсивно уменьшается при последующих технологических операциях. Программой функционирования машины может быть предусмотрено чередование вариантов распределения зазора для нескольких (последовательно в направлении транспортирования) зон объекта обработки.

Необходимая для привода ножа окружная сила P_0 находится как сумма действующей на всей зоне взаимодействия ножа и материала составляющей P_y силы сопротивления резанию, силы $P_к$ трения абразивных кругов о фаски ножа, и силы $P_т$ трения в подшипниках ведомого шкива. Тогда мощность привода ножа без учета КПД механических передач

$$W_н = (P_y + P_т + P_к)\, v_н.$$

Требуемая величина P_0 достигается только при наличии соответствующей силы $Q_н$, обеспечиваемой натяжной станцией ведомого шкива при соблюдении условия

$$Q_н \geq 2\, F_с + P_т,$$

где $F_с$ - натяжение сбегающей с ведущего шкива ветви ножа (рис. 6.1.16).

Натяжение набегающей и сбегающей ветвей связано соотношением

$$F_н = F_с\, e^{f\alpha}, \qquad (6.1.3)$$

где α - угол обхвата; f - коэффициент трения ножа о ведущий шкив.

В то же время

$$F_н = F_с + P_т + P_y + P_к, \qquad (6.1.4)$$

$$P_т = \frac{df_0}{D} Q_н; \qquad (6.1.5)$$

где f_0, D и d - соответственно коэффициент трения в опоре ведомого шкива, его наружный диаметр и диаметр цапфы.

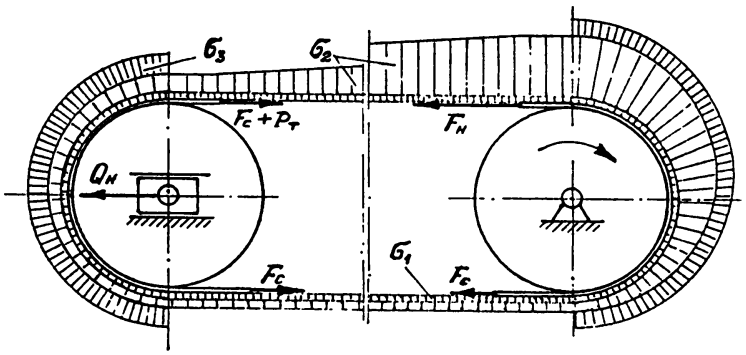


Рис. 6.1.16. Схема нагружения и эпюры напряжений ленточного ножа в плоскости, перпендикулярной к направлению подачи материала

Решая совместно (6.1.3) - (6.1.5), получим

$$Q_н \geq \frac{2\left(P_y + P_к\right)}{e^{f\alpha}\left(1 - \frac{df_0}{D}\right) - \left(1 + \frac{df_0}{D}\right)}.$$

Учитывая, что для параметров реальных машин значение $f_0 \leq 0{,}01$, имеем минимально приемлемую силу натяжения ленты ножа

$$Q_{min} = 2\frac{P_y + P_к}{e^{f\alpha} - 1}.$$

Максимально возможное ее натяжение определяется по условию прочности в наиболее опасном сечении - в зоне начала контакта рабочей ветви ножа с ведущим шкивом. Суммарное напряжение растяжению ножа

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \leq [\sigma], \qquad (6.1.6)$$

где σ_1, σ_2, σ_3 - напряжения, возникающие вследствие действия сил инерции, технологического натяжения ножа, изгиба ленты при огибании ножа; $[\sigma]$ - допускаемое напряжение.

При этом

$$\sigma_1 = \rho v_н^2; \quad \sigma_2 = \frac{F_н}{b\delta}; \quad \sigma_3 = \frac{\delta}{D}E,$$

где ρ, E - соответственно плотность и модуль упругости материала ножа; b, δ - соответственно ширина и толщина ножа.

При нормальном режиме эксплуатации машины значение суммарного напряжения $\sigma = 50 \div 60$ МПа.

Поверочный расчет по соотношению (6.1.6) выполняется применительно к минимальной ширине ножа, достигаемой к концу срока его эксплуатации (35 ÷ 40 мм). Эксплуатация ножевой ленты меньшей ширины сопряжена не только с повышенными ее напряжениями, но и с возможностью возникновения вибрации клина ножа в вертикальном направлении. Вероятность последнего явления увеличивается в связи с уменьшением соотношения длины части ножа, находящейся в пазу бандажей, и зазора между ножом и направляющими поверхностями бандажей.

Сила N от давления подающих валов на материал определяется по условию преодоления силы P_x:

$$N(f_1 + f_2) \geq P_x,$$

где f_1 и f_2 - коэффициенты трения материала о калибрующий и кольчатый валы.

Полезная мощность привода подающих валов

$$W_в = F_x v_н.$$

В большинстве машин предусмотрено регулирование скорости подачи материала, которая находится в пределах 0,14 ÷ 0,5 м/с.

6.1.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТЖИМА ВЛАГИ

После процессов жидкостной обработки кожевенного и мехового полуфабриката в нем остается весьма значительное количество влаги: относительная влажность (отношение массы влаги к массе влажного полуфабриката) доходит до 75 %. Полуфабрикат относится к гигроскопично-пористым материалам, поэтому влага содержится в нем в двух состояниях - свободном и гигроскопичном. Гигроскопичная влага может составлять до 30 % общего количества, причем она находится в порах, площадь сечения которых не превышает 0,8 мкм^2, вследствие чего может быть удалена только сушкой. Свободная влага (или влага намокания) находится в капиллярах, имеющих большую площадь сечения, в связи с чем может быть удалена как сушкой, так и механическими способами. Ввиду высокой энергоемкости

и длительности сушки, экономически более целесообразным является предварительное удаление свободной влаги механическим способом, что позволяет снизить влажность полуфабриката до 45 %, что уменьшает энергозатраты на сушку и облегчает механические операции, осуществляемые перед сушкой, например, такие, как двоение, строгание и т.п.

В кожевенно-меховой промышленности используют три способа механического удаления влаги: центрифугирование, валичный отжим и прессовый отжим. При использовании первого способа полуфабрикат помещают внутрь цилиндрического барабана, имеющего перфорированные стенки (обечайку), после чего барабан вращается с частотой ω. Возникающая при этом центробежная сила

$$P_{ц} = \rho\delta S\omega^2 R,$$

где ρ - плотность отжимаемого материала, кг/м^3; δ - толщина слоя материала, прижатого к обечайке, м; S - площадь поверхности обечайки, м^2; ω - частота вращения барабана, рад/с; R - радиус вращения материала, м.

Давление, которое испытывает при этом полуфабрикат,

$$p = \frac{\rho\omega^2}{2}\left(R_{н}^2 - R_{в}^2\right),$$

где $R_{н}$ и $R_{в}$ - радиус соответственно наружного (прилегающего к обечайке) слоя полуфабриката и внутреннего слоя.

Коэффициент заполнения барабана полуфабрикатом при центрифугировании

$$\psi = \left(R_{н}^2 - R_{в}^2\right)/R_{н}^2 \le 0{,}8.$$

Центрифуги, применяемые в меховом производстве, имеют диаметр барабана 300 ÷ 1600 мм, частоту вращения 71 ÷ 12,5 с$^{-1}$, мощность привода 1,1 ÷ 18 кВт, массу загружаемого полуфабриката 10 ÷ 630 кг. При центрифугировании создается давление отжима 0,8 ÷ 1,2 МПа, достаточное для отжима меховых шкурок, у которых основное количество влаги содержится в волосяном покрове, а не в кожевой ткани.

Принципиальная схема промышленной центрифуги приведена на рис. 6.1.17. Перфорированный барабан *2* укреплен на ступице *1*, приводимой во вращение электродвигателем, и находится внутри корпуса *7*. Корпус имеет три опоры *3*, через которые пропущены стержни *4* с пружинами *5*, нижние концы которых установлены в опорах *6* станины со значительным зазором, что позволяет корпусу с барабаном самоустанавливаться. Необходимость в самоустановке связана с тем, что равномерное распределение полуфабриката в барабане при загрузке практически невозможно, вследствие чего система барабан - полуфабрикат является существенно неуравновешенной, особенно в начальный период центрифугирования. Корпус *7* центрифуги снабжен откидывающейся крышкой с запорным устройством, а также сливным отверстием. Иногда (в центрифугах большого объема) соединение барабана *2* со ступицей *1* выполняется легкоразъемным, что позволяет по окончании отжима вынуть барабан из корпуса и переместить его к месту дальнейшей обработки полуфабриката с помощью средств механизации. Кроме того, центрифуги снабжают тормозным устройством, позволяющим быстро остановить барабан после окончания отжима.

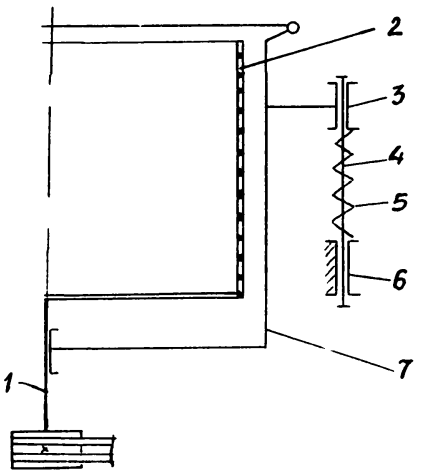


Рис. 6.1.17. Схема центрифуги

Валичный способ отжима может выполняться как самостоятельно, так и в комплексе с разводкой. В отжимных машинах полуфабрикат прокатывается между прижимным и опорным (опорными) валами с эластичным влагопоглощающим покрытием (покрышками - маншонами или транспортерными лентами из фетра). Фетровое покрытие реализует "эффект губки": при входе в контакт отжимных валов давление возрастает, вода выдавливается из фетра и полуфабриката и удаляется в сток. На выходе из контакта валов давление падает, более эластичный и пористый фетр восстанавливает свою форму и интенсивно впитывает влагу из полуфабриката.

Существуют машины и без дорогих быстроизнашивающихся фетровых покрышек, где нужная степень отжима достигается увеличением давления и длительности контактов валов с полуфабрикатом. Упругим элементом этих машин является пневматический вал, контактирующий одновременно с тремя-четырьмя опорными валами, например машины "аэропресс" фирмы БМД (Германия).

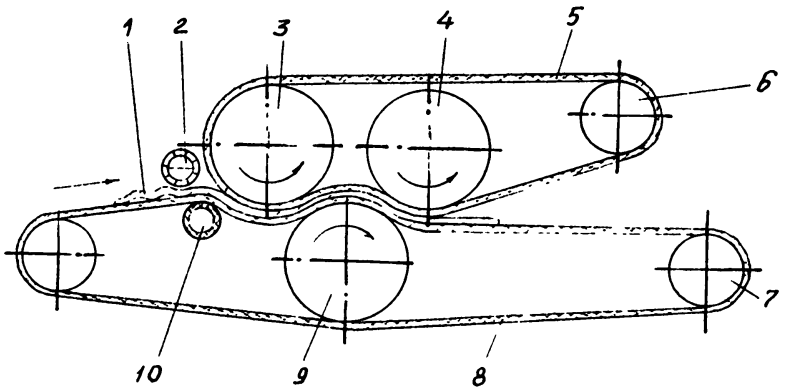


Рис. 6.1.18. Схема проходной валичной отжимной машины

Схема проходной валичной машины для отжима приведена на рис. 6.1.18. Полуфабрикат *1* укладывают на нижнюю фетровую ленту *8*, перемещающую его в зону узла расправления, состоящего из поджимного обрезиненного валика *10* и расправочного (с притупленными винтовыми ножами) валика *2*. По мере перемещения полуфабрикат попадает в зону отжима, где он находится между двумя фетровыми лентами *8* и *5*, которые сжимаются между опорными валками *3* и *4* и прижимным валком *9*. Натяжение транспортерных лент поддерживается натяжными валками *6* и *7*. Валичная машина оснащена также устройствами центрирования, предотвращающими перекос лент.

Гидравлический привод систем прижима и транспортирования современных отжимных машин позволяет плавно регулировать скорость транспортирования полуфабриката (0,08 ÷ 0,3 м/с) и давление на полуфабрикат (3 ÷ 5 МПа).

Схема отжимно-разводной машины приведена на рис. 6.1.13, *б*. Разводка в этой машине осуществляется ножевым валом *А*, особенностями которого являются бóльший угол наклона ножей (до 75°), бóльшая их толщина (до 6 мм), исполнение из бронзы или латуни. Кроме того, ножи выполнены притупленными. Для увеличения угла контакта ножей с полуфабрикатом в машине использован второй обрезиненный прижимной валик *2*. Вал *5* покрыт фетровым чулком, является и отжимным (в паре с валом *6*), и прижимным (в паре с ножевым валом *А*).

Полуфабрикат в таких машинах обрабатывается в два этапа и более. На каждом этапе полуфабрикат навешивают на вал *5* (отведенный в исходном состоянии) так, чтобы определенная его часть находилась слева от вала. После выхода из отжимных валов полуфабрикат вновь навешивают на вал *5* необработанной (или недостаточно обработанной) частью слева от этого вала. Скорость перемещения полуфабриката во время обработки на этих машинах не более 0,2 м/с, а давление не превышает 3 МПа.

Прессовый отжим осуществляется на однопозиционных и многопозиционных прессах. Однопозиционные прессы используют в кожевенном производстве для отжима жестких кож, а многопозиционные - в меховом производстве. В обоих случаях полуфабрикат подвергается сжатию между двумя плитами пресса. Давление, которому подвергается полуфабрикат,

$$p = \frac{\pi D^2 p_г}{4 S_{эф}},$$

где D - диаметр поршня (или плунжера) рабочего гидроцилиндра пресса, м; $p_г$ - давление настройки переливного клапана гидросистемы, Па; $S_{эф}$ - площадь поверхности штабеля шкур, соприкасающейся с верхней плитой пресса (для однопозиционных прессов) или площадь пуансона рабочего гидроцилиндра (для многопозиционных прессов), м^2.

Рабочее давление на полуфабрикат в прессах для отжима не превышает 1,5 МПа, а время отжима достигает 40 мин. Основным недостатком прессового отжима является появление складок на полуфабрикате, вследствие чего в технологический процесс необходимо вводить операцию пролежки или провалки полуфабриката в барабанах после отжима. Поэтому несмотря на то, что при прессовом способе достигается самая низкая влажность полуфабриката, предпочтение отдается валичным отжимным машинам.

6.1.5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШКИ ПОЛУФАБРИКАТА

В результате сушки улучшаются физико-механические свойства кожи и меха и фикси-

руется их физико-химическая структура. Наибольшее распространение получили следующие типы сушилок: конвективные и барабанные - для основной сушки полуфабриката; контактные для подвяливания кож низа обуви; контактно-вакуумные для основной сушки кож хромового дубления; терморадиационные и токами высокой частоты (ТВЧ).

Конвективные сушилки представляют собой камеры, снабженные вентиляторами и калориферами для подачи и подогрева воздуха. Камеры имеют несколько зон, в которых создается различный температурный и влажностный режим. При этом зоны сушки и увлажнения могут чередоваться. Зоны разделяются с помощью воздушных завес или перегородок. Для лучшего омывания кожи воздухом его подают обычно в первые зоны снизу вверх, а в последующие - сверху вниз. Отработанный воздух удаляется через щели боковых стенок.

Кожи перед подачей в сушилку закрепляют на шестах зажимами, растягивают на перфорированных рамах, наклеивают на гладкие пластины (стекло, дюралюминий), располагают врасстил на сетчатых или струнных конвейерах. Продолжительность сушки зависит от вида и назначения кож и составляет 2 ÷ 18 ч при температуре воздуха в камере 45 ÷ 75 °С, относительной его влажности 30 ÷ 40 %, скорости 1 ÷ 1,5 м/с.

Барабанные сушилки применяют в основном для сушки меховых шкурок и мелких кож. Они являются разновидностью конвективных сушилок. Конструктивно выполнены в виде горизонтальных цилиндров (барабанов), помещенных в кожухи. Каркас барабана в сушилках для сушки и откатки шкурок изготовлен из досок. Образующая поверхность обтянута металлической сеткой. Подача предварительно подогретого воздуха вместе с опилками в барабан осуществляется с торца через полую цапфу, а удаление - с противоположного торца через другую цапфу.

В барабанах, предназначенных только для сушки, барабан *2* (рис. 6.1.19), изготовлен из листовой перфорированной коррозионностойкой стали и установлен в кожух *1* на обрезиненные ролики *11*. Внутри барабан *2* обшит деревянными рейками *3* и имеет полки *14*, которые улучшают процесс перемешивания шкурок. Рейки устраняют контакт шкурок с металлической поверхностью и позволяют вести сушку при повышенных температурах.

Поток воздуха, создаваемый вентилятором *8*, проходит через паровой *6* и электрический *7* калориферы и прогоняется через барабан сверху вниз. После барабана воздух очищается в фильтре *10* и выбрасывается наружу. Для контроля за температурой служат электроконтактный термометр *9* манометрического типа и электронный регулятор, которые управляют расходом пара в калорифере жалюзийными заслонками *5*. Если температура в сушилке превысит установленное предельное значение, то подача пара в калорифер *6* прекращается и одновременно открываются боковые заслонки *4*, обеспечивающие подачу в барабан холодного воздуха. Наружная поверхность барабана очищается плоскими щетками *13*.

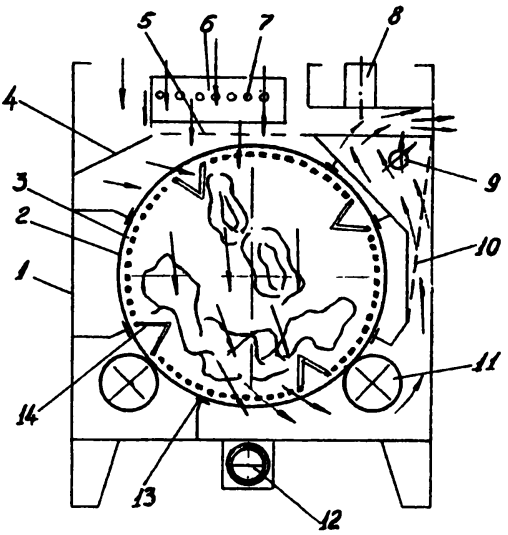


Рис. 6.1.19. Схема барабанной сушилки

Барабан получает реверсивное вращение от привода *12* через ролики *11*. Загрузка шкурок в барабан осуществляется партией. После сушки шкурки получаются мягкими, эластичными, с хорошим блеском волоса.

Барабаны могут работать с циркуляцией воздуха. Внутренний диаметр барабана порядка 2000 мм при длине 1170 ÷ 2500 мм. Время сушки зависит от вида сырья, его конечной и начальной влажности и колеблется от 30 мин до 2,5 ч. Температура воздуха при сушке с опилками 70 ÷ 90 °С, а при сушке в металлических барабанах 100 ÷ 140 °С. Расход воздуха достигает 12 000 $м^3$/ч, а пара для обогрева воздуха - до 180 кг/ч.

Контактно-вакуумные (вакуумные) сушилки предназначены для основной сушки кож хромового дубления и юфти.

В кожевенном производстве применяют вакуумные сушилки с горизонтальными, наклонными и цилиндрическими столами; одностольными, многостольными, одноярусными и многоярусными. В многоярусных сушилках верхняя плоскость крышки является рабочим столом для расположенной выше крышки. Для обеспечения постоянного уровня стола относительно рабочего такие сушилки снабжают площадкой, поднимающейся вместе с рабочим по мере опускания крышек. Размеры столов: ширина 1800÷ 2250 мм, длина 3500 ÷ 5000 мм.

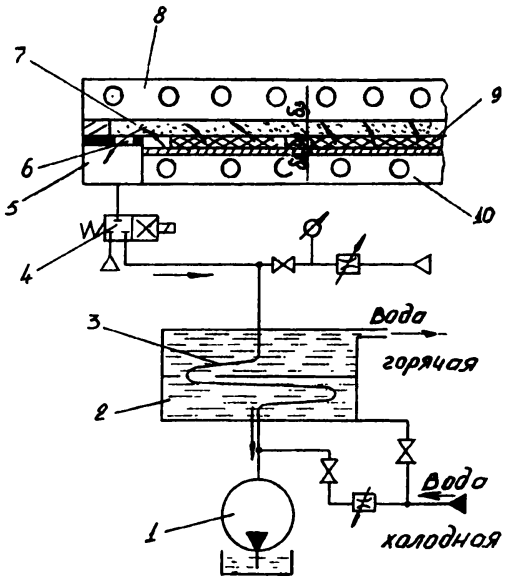


Рис. 6.1.20. Схема вакуумной сушилки

Рабочую поверхность стола *10* сушилки (рис. 6.1.20) изготовляют полированной из коррозионно-стойкой стали толщиной $\delta_1 \le 5$ мм. Крышка *8* представляет собой пустотелую сварную конструкцию из коррозионно-стойкой стали, разделенную на секции, в которых находится горячая вода. Снизу крышки имеется покрытие *7* из двух слоев войлока или синтетического объемного полотна толщиной δ_3.

Для охлаждения отсасываемой среды в конденсатор *2* снизу через вентиль подается холодная вода. По мере нагревания в конденсаторе вода отводится через выпускной патрубок.

При работающем насосе *1* разрежение создается в замкнутом контуре между клапаном *4* и насосом *1*. После укладки кожи *9* лицевой стороной на стол *10* и ее расправки циклей воздействием на кнопку управления опускается крышка *8*, которая прижимает кожу к рабочему столу и через концевой выключатель переключает клапан управления *4*. Одновременно включается реле времени. Клапан *4* отключает камеру *5* от атмосферы и соединяет ее с вакуумным насосом.

В рабочей зоне создается разрежение и влага испаряется из кожи. Влага через покрытие *7* крышки и отверстия *6* поступает вначале в камеру *5*, а затем в змеевик *3*, в котором пар конденсируется и насосом удаляется из него в сборник. Через заданное время реле времени переключает клапан *4*, разрежение в рабочей зоне снимается, крышка поднимается, снимается высушенная кожа и укладывается новая.

В некоторых сушилках крышку не обогревают. Время открывания и закрывания крышек не превышает 10 с; необходимое разрежение создается в течение 10 с и время его снятия до давления окружающей среды не превышает 5 с. Время непосредственной сушки зависит от толщины кожи, метода ее дубления, вида наполнения, влажности кожи перед сушкой и после нее (1 ÷ 10 мин). Температура нагрева поверхности плит регулируется от 30 до 100 °С; потребление пара 110 ÷ 300 кг/ч, воды 1,4 ÷ 9,5 м^3/ч; разрежение до 0,097 МПа.

Вакуумные сушилки с цилиндрическими столами снабжают тремя крышками, располагая их по образующей поверхности цилиндра. Загрузку кож последовательно осуществляют под каждую крышку. Пока открыта одна крышка, две другие находятся в закрытом состоянии. Диаметр цилиндрического стола 1,8, длина 4 или 6 м.

Плотности тепловых потоков на поверхности:

рабочего стола

$$q_1 = \lambda_1(t_0 - t_1) / \delta_1;$$

на поверхности кожи

$$q_2 = \lambda_2(t_1 - t_2) / \delta_2;$$

на поверхности прижимного полотна

$$q_3 = \lambda_3(t_2 - t_3) / \delta_3;$$

полотна, передаваемого воздуху,

$$q_4 = \alpha(t_3 - t_c),$$

где λ_1, λ_2, λ_3 - теплопроводность соответственно стали, кожи и материала прижимного полотна, Вт/(м · °С); δ_1, δ_2, δ_3 - соответственно их толщины, м; α - коэффициент теплоотдачи от прижимного полотна в полость разрежения, Вт/(м^2 · °С); t_0, t_1, t_2, t_3, t_c - температура соответственно внутренней поверхности плиты, ее рабочей поверхности, кожи, полотна, среды над полотном, °С.

Баланс количества теплоты, проходящей через поверхность кожи,

$$Q = Sn\sum_{i=1}^{n} q_i = Snk(t_0 - t_c),$$

где $k = 1\Big/\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}\right)$; S - площадь поверхности плиты; $n = S_c / S$ - коэффициент использования площади плиты при уклад-

ке на нее кожи или кож суммарной площадью S_c.

Количество теплоты, необходимой для нагрева плиты,

$$Q_{пл} = Q / n.$$

Коэффициенты λ_1, λ_2 и λ_3 не зависят от давления окружающей среды, коэффициент λ_1 - от марки стали и температуры; коэффициент λ_2 - от влажности и температуры кожи; (λ_3 для специальных пористых объемных материалов не зависит ни от влажности, ни от температуры, при использовании войлока λ_3 зависит от влажности и температуры).

Количество теплоты, затрачиваемой на один цикл сушки,

$$Q_l = Q_{пл}\tau,$$

где τ - время сушки.

Для сушилок с плитой, выполненной в виде цилиндра, количество теплоты для разогрева цилиндра длиной l

$$Q_1 = \pi K_l (t_0 - t_c)\, l,$$

где $K_l = 1 \Big/ \left(\sum_{l=1}^{3} \frac{1}{2\lambda_l} l n \frac{d_l + 1}{d_l} + \frac{1}{\alpha d_2} \right)$; λ_l - теплопроводность соответствующего слоя; $d_2 = d_1 + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$ - наружный диаметр цилиндра, м; d_1 - внутренний диаметр цилиндра, м; d_l и d_{l+1} - соответственно внутренний и наружный диаметр слоя.

Коэффициент α для испарения воды со свободной поверхности определяется по формуле

$$Nu_f = \alpha\delta/\lambda = Nu_0 + A Re_f^n Pr_f^{0,03} Gu^{0,175},$$

где Nu_0 - число Нуссельта при $Re = 0$; $Pr_f = \nu / a$ - число Прандтля; $Gu = (t_c - t_м) / T_c$ - число Гухмана; ν - кинематическая вязкость, м^2/с; a - температуропроводность, м^2/с; t_c, $t_м$ - температура соответственно среды и испаряющейся воды, °С; T_c - температура среды, К; A и n - коэффициенты, зависящие от числа Re.

Терморадиационные сушилки применяют в меховом производстве для сушки мелких шкурок, воротников, скроев мехового пальто, а в кожевенном - для подсушки кож после покрывного крашения и в некоторых случаях для основной сушки.

Инфракрасными излучателями в сушилках служат ТЭНы (трубчатые электронагреватели), электрические лампы накаливания, керамические или металлические панели, обогреваемые газом.

Сушилки изготовляют в виде камер или туннелей. Шкурки или кожи крепят в расправленном состоянии на перфорированные рамы или укладывают на струнные конвейеры. Излучатели располагают таким образом, чтобы лучистый поток распределялся равномерно по всей поверхности полуфабриката. Испаряемая влага удаляется с помощью вытяжной вентиляции.

Расход энергии на 1 кг влаги при сушке мехового полуфабриката ТЭНами составляет 3 ÷ 3,5 кВт·ч при температуре сушки 60 °С и времени сушки 18 ÷ 20 мин. Общая мощность нагревательных элементов 12 кВт. В сушилках для основной сушки кож хромового дубления в течение 2 мин установочная мощность нагревателей 35 кВт. Время сушки кож после покрывного крашения в газовых сушилках 5 ÷ 20 с при температуре плит 300 ÷ 350 °С и их удалении от кожи на 100 ÷ 150 мм. Потребление природного газа 2 ÷ 6 м^3/ч. В установках для сушки мелких шкурок лампами накаливания в течение 15 ÷ 22 мин мощность облучателей 4,3 кВт.

Сушилки ТВЧ в кожевенном производстве применяют для придания кожам равномерной влажности по всему ее объему (кондиционирования) после сушки под вакуумом.

Сушилка ТВЧ представляет собой туннель шириной 1900 мм и высотой 1950 мм, собранный из секций, объединенных струнным конвейером, на поверхность которого укладывают кожу в расправленном виде. Внутри каждой секции расположены электроды сверху и снизу конвейера. Испаряемая влага удаляется из секции вытяжной вентиляцией. Каждая секция имеет автономный высокочастотный генератор. Электроды устанавливают на плиты размером 3 × 1,5 м; мощность генератора для каждой плиты 6 кВт.

Глава 6.2

ОТДЕЛКА КОЖИ И МЕХА

После сушки кожевенного полуфабриката его подвергают отделочным операциям, в процессе которых формируются необходимые упругопластические свойства кожи, шлифуется бахтармяная и лицевая поверхность, наносятся грунты и краски. Заключительная операция - измерение площади и толщины кож, оценка их сортности.

6.2.1. МАШИНЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

В процессе сушки волокна кожи склеиваются, утрачивается их подвижность. С помощью тяжки - мягчения кож для верха обуви восстанавливается подвижность волокон, кожа становится более мягкой и менее пластичной.

Для такой же цели выполняют откатку меховых шкур в барабанах и разбивку их кожевой ткани. Следует отметить, что при любой обработке на машинах с ножевыми валами происходит деформационное воздействие, приводящее к изменению структурной подвижности дермы.

Подошвенные кожи подвергают прокатке. Уплотнение структуры в результате этой операции приводит к снижению пористости, повышению прочности и улучшению внешнего вида кожи. К деформационной обработке мягких кож следует отнести также операции глажения и тиснения, выполняемые путем прессования с одновременным тепловым воздействием. При разработке машин для выполнения этих операций необходимо учитывать специфические свойства кожи, проявляющиеся при ее деформировании.

Свойства кожи. Кожа является уникальным материалом с весьма сложной структурой, образованной многократным переплетением макромолекул белка - коллагена. Выявлено по крайней мере одиннадцать уровней структурных элементов дермы, наиболее крупный из них - пучки волокон (шириной около 0,2 мм, длиной до 15 см), образующие сетчатое переплетение. Пространство между волокнами заполнено аморфным веществом, влагой и воздухом. Кожа относится к гигроскопическим капиллярно-пористым материалам.

В плоскости шкуры волокна имеют ярко выраженную естественную ориентацию с осью симметрии по хребтовой линии, что делает кожу анизотропным материалом. По толщине шкура также неоднородна; в ней выделяют несколько слоев: тонкий лицевой слой эпидермис и основной слой - дерма, состоящий из сосочкового и сетчатого слоев. При нагружении слои кожи сопротивляются нагрузке по-разному. В связи с этим можно оценить только среднее напряжение в нагружаемом сечении кожи с пределом прочности, определяемым разрушением наиболее слабого, обычно лицевого сосочкового слоя. Физико-механические показатели кожи зависят от вида сырья, технологии его обработки, топографического участка шкуры, влажности образца, его предшествующих нагружений.

При растяжении кожи сначала деформируется сетка волокон, происходит их ориентация в силовом поле, затем деформируются волокна, имеющие жесткость на несколько порядков выше, чем их сетка. Этим объясняется то, что при росте напряжения соответственно увеличивается и модуль упругости $E = d\sigma / d\varepsilon$. Зависимость напряжение - деформация для кожи хорошо описывается степенной функцией вида $\sigma = A\varepsilon^n$.

По ГОСТ 939-75 жесткость кожи оценивается по удлинению ε_1 при напряжении $\sigma =$ = 10 МПа и условному модулю упругости $E = \sigma_1 / \varepsilon_1$.

При снятии нагрузки проявляется остаточная пластическая деформация. Значение ее убывает при каждом последующем цикле нагрузка - разгрузка, материал меняет свои свойства - доля пластической деформации убывает, а доля упругой деформации - возрастает. На этом основана вибрационная обработка - тяжка - мягчение кожи, при которой формируются упругопластические свойства, необходимые для формования обуви и ее формоустойчивости при эксплуатации.

Кожа относится к вязкоупругим материалам, у которых деформация зависит не только от нагрузки, но и от скорости ее приложения. Кривая напряжение - деформация, полученная при медленном нагружении, более пологая, чем при быстром нагружении. Наиболее полную информацию о поведении таких материалов дает анализ процессов релаксации. Регистрация деформаций образца при ступенчатом нагружении с напряжением σ дает кривую ползучести; после снятия нагрузки записывается кривая релаксации или упругого последействия (рис. 6.2.1, *а*). На последней кривой могут быть выделены три составляющие полной деформации - мгновенной упругой, высокоэластической и пластической:

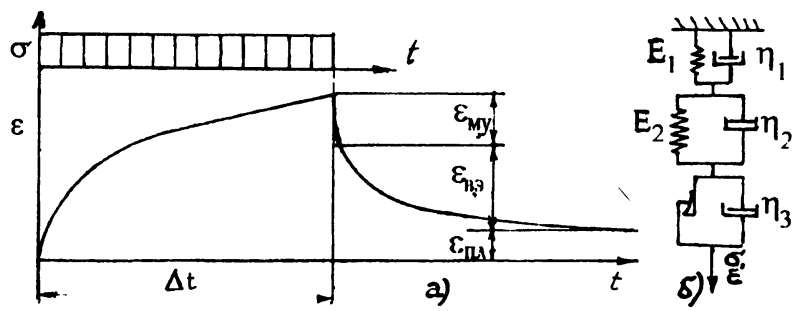


Рис. 6.2.1. Кривая ползучести и релаксации кожи при ступенчатом нагружении образца (*а*) и реологическая модель кожи (*б*)

$$\varepsilon = \varepsilon_{м.у} + \varepsilon_{в.э} + \varepsilon_{пл}. \qquad (6.2.1)$$

Кривая упругого последействия кожи хорошо описывается пятипараметрической моделью вязкоупругого тела (рис. 6.2.1, *б*):

$$E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_{м.у}},\ \eta_1 = \tau_1 E_1,\ E_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_{в.э}},$$

$$\eta_2 = \tau_2 E_2,\ \eta_3 = \frac{\sigma}{\varepsilon_{п\,л}} \Delta t. \qquad (6.2.2)$$

В действительности, ввиду многообразия структурных элементов дермы, их подвижность описывается не двумя наивероятнейшими временами релаксации (τ_1 для быстрого процесса и τ_2 для более медленного в диапазоне 0 ÷ 1 с), а непрерывным спектром времени релаксации (рис. 6.2.2) с двумя максимумами τ_1 и τ_2. Имеются и более длительные процессы релаксации с временем $10^2 \div 10^5$ с.

В результате тяжки, мягчения, разбивки уменьшаются модули E_1 и E_2, коэффициент эластической вязкости η_2, но растет коэффициент пластической вязкости η_3. Эти изменения отражаются на релаксационном спектре. Для каждого полуфабриката существует резонансная частота вибровоздействий, определяемая набором параметров (6.2.2), при которой процессы перестройки структуры дермы происходят наиболее интенсивно и при меньших нагрузках.

Тянульно-мягчильные машины. Тяжку - мягчение мягких кож и овчин выполняют на непроходных рычажных и проходных вибрационных и ротационных машинах. Рычажные машины с горизонтальным столом применяют для тяжки мелких и средних кож хромового дубления, а машины с наклонным столом - для юфти, крупных хромовых кож и овчин. Эти машины по сравнению с проходными имеют низкую производительность, требуют больших затрат ручного труда, но их применяют потому, что они обеспечивают высокое качество обработки, особенно когда требуется более высокая интенсивность тяжки. Техническая характеристика машин приведена в табл. 6.2.1.

Рабочими органами машин с горизонтальным столом являются верхняя и нижняя тянульная лапы, совершающие движение по замкнутым траекториям от кулачково-рычажного механизма (рис. 6.2.3, *а*). На верхней лапе установлены войлочный ролик *4* и пластина *2*, на нижней - два ножа *3*. Кожа удерживается передней прижимной лапой *1*, работающей синхронно с тянульными лапами, и протягивается через контур, образованный мягчильными инструментами лап, растягиваясь и изгибаясь. Обработка проводится отдельными полосками от середины кож к краям.

6.2.1. Техническая характеристика рычажных тянульно-мягчильных машин

Параметры	Стол машины	
	горизонтальный	наклонный
Производительность, шт. / ч	150 ÷ 175 опойка	70 ÷ 85 яловки
Ширина ножей, мм	210 ÷ 250	150
Ход рабочих инструментов, мм	700 ÷ 740	760
Число ходов в минуту	70 ÷ 80	80 ÷ 90
Мощность привода, кВт	3 ÷ 4,5	3
Масса машины, т	1,3 ÷ 1,4	2 ÷ 2,2

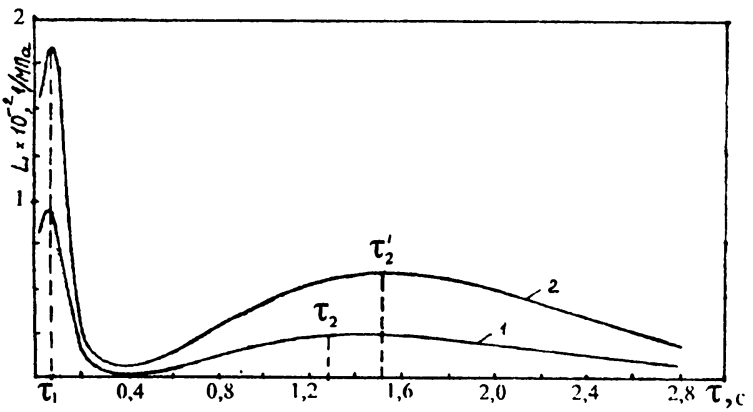


Рис. 6.2.2. Спектры времен релаксации кожи:
1 - до деформационной обработки; *2* - после деформационной обработки

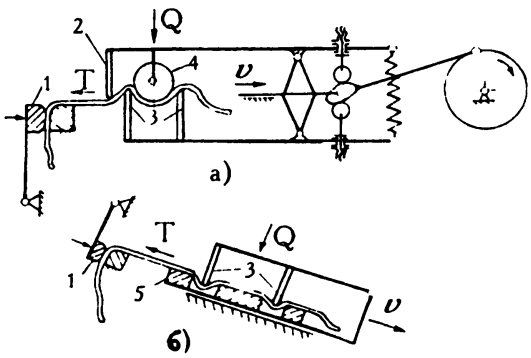


Рис. 6.2.3. Схемы рабочих органов рычажных тянульно-мягчильных машин со столом: *а* - горизонтальным; *б* - наклонным

В машинах с наклонным столом (рис. 6.2.3, *б*) рабочими органами являются подвижной стол *5* с прорезями, в которые двумя ножами *3* вдавливается кожа. Стол и ножи совершают возвратно-поступательное движение; кроме того, ножи с помощью кулачкового механизма отводятся от стола при холостом ходе. При рабочем ходе кожа удерживается планкой *1*.

Сила растяжения создается благодаря сопротивлению перемещения кожи через сложный контур, образующийся при огибании рабочих инструментов. Существует линейная зависимость между силой T тяжки и силой Q прижатия рабочих инструментов:

$$T = kQ,$$

где k - сложный коэффициент сопротивления трению и изгибу кожи в контуре рабочих инструментов.

По экспериментальным данным $k \approx 0{,}4$, сила тяжки при ширине рабочих органов 250 мм $T \leq 1$ кН, напряжение, создаваемое в коже, не превышает 0,2 ее предела прочности.

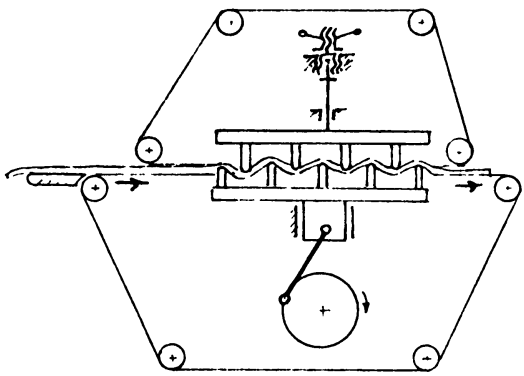


Рис. 6.2.4. Схема вибрационной тянульно-мягчильной машины

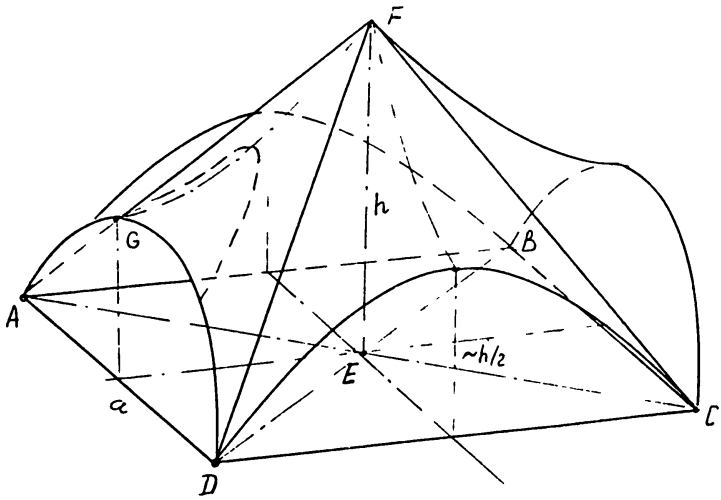


Рис. 6.2.5. Форма деформации полуфабриката при обработке на вибрационной тянульно-мягчильной машине

Вибрационные тянульно-мягчильные машины (рис. 6.2.4) имеют рабочие органы в виде горизонтальных или вертикальных плит с мягчильными инструментами, расположенными по их поверхности в шахматном порядке. Мягчильными инструментами могут быть цилиндрические колки, колок на одной плите и отверстие в другой, выступы различной формы. Обрабатываемая кожа перемещается двумя лентами из тонкой и мягкой резины или струнами. Интенсивность обработки регулируется изменением положения верхних неподвижных плит, образующих три - пять секций с независимой регулировкой, благодаря чему обеспечивается различная интенсивность воздействий по топографическим участкам кожи.

При взаимодействии колков кожа получает сложную деформацию: прямоугольник, образованный вершинами колков верхней плиты *ABCD* при перемещении колка нижней плиты $EF = h$ принимает форму пирамиды (рис. 6.2.5). Наибольшую деформацию кожа получает по ребрам пирамиды *DF*, а относительная деформация по этому направлению (без учета толщины материала и диаметра колков)

$$\varepsilon = \sqrt{2\left(\frac{h}{a}\right)^2 + 1} - 1, \qquad (6.2.3)$$

где a - расстояние между колками плиты; h - заход колков.

Режим обработки определяется частотой и амплитудой вибрации, числом воздействий на единицу площади кожи. Существует оптимальная резонансная частота вибровоздействий в диапазоне 5 ÷ 15 $с^{-1}$, зависящая от вида полуфабриката и его влажности, при которой сопротивление деформированию кожи минимально. Необходимая амплитуда воздействий, определяемая заходом колков h, может быть получена из формулы (6.2.3) по заданной деформации $\varepsilon = 0{,}2 \div 0{,}25$. При таком уровне деформаций заканчивается ориентация сетчатой структуры дермы в силовом поле и начинается деформация пучков волокон.

Нагрузка на мягчильную плиту

$$P = \frac{0{,}96 E_1 \varepsilon a \delta h m}{\sqrt{a^2 / 2 + h^2}},$$

где δ - толщина кожи; m - число колков; E_1 - модуль упругости для напряжений и скоростей нагружения, реализуемых при обработке, он примерно в 2 раза больше условного модуля упругости E, определяемого при стандартных испытаниях кожи по ГОСТ 939-75.

Мощность, расходуемая на деформацию материала, $W = Phf$ и пропорциональна напряжению, создаваемому в коже, поэтому она может служить косвенным критерием интенсивности воздействий при тяжке.

Эффективность обработки, определяемая числом воздействий на единицу площади кожи,

$$\sum = 4 m_1 f \frac{l}{v},$$

где m_1 - число колков на 1 $дм^2$ плиты; l - длина плиты, дм; v - скорость перемещения кожи.

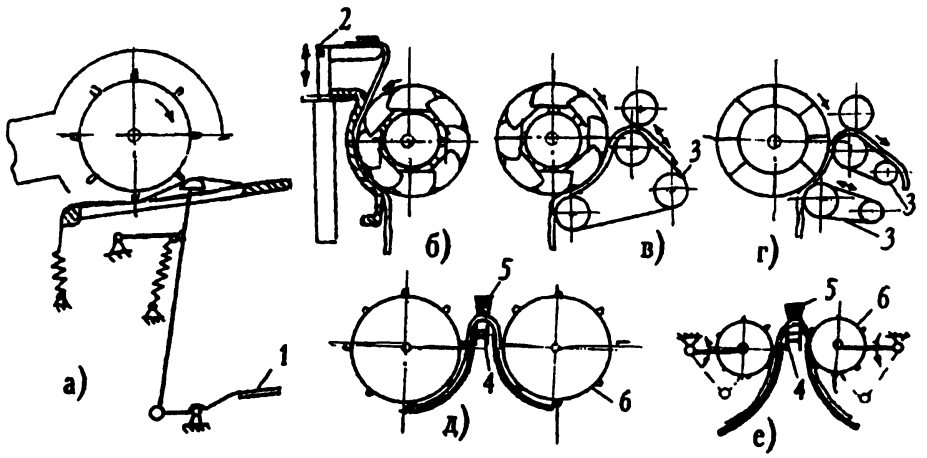


Рис. 6.2.6. Схемы разбивочных машин:
а - с узким проходом; *б* - с транспортирующей штангой; *в, г* - соответственно с одним и двумя прижимными конвейерами; *д, е* - проходная соответственно для мелких и крупных шкурок

6.2.2. Техническая характеристика разбивочных машин

Параметры	Машина			
	непроходная		проходная	
	с ножевым барабаном	с ножевым валом	для кроличьих шкурок	для овчин
Производительность, шт./ч	120 ÷ 150 овчины; 500 кролика	180 овчины	1200	300
Установленная мощность, кВт	1,5	13 ÷ 15	7	9
Масса машины, кг	290	1500	800	1300

Разбивочные машины. Разбивка кожевой ткани меховых шкурок проводится путем деформации растяжения и изгиба с одновременной подчисткой мездровой стороны шкурок острыми ножами разбивочных машин, имеющих форму закругленной лопатки с односторонней фаской (рис. 6.2.6). Часто между ножами размещают щетки для удаления мездровой стружки и пыли, а также шлифовальные бруски.

В наиболее простых непроходных машинах шкурка прижимается педальным механизмом *1* к ножевому барабану шириной около 100 мм через упругий ремень. Обработка проводится отдельных полосок, шкурки перемещают вручную. В машинах с большей шириной прохода (1200 ÷ 1800 мм) ножевой вал имеет 60 - 80 лопаточных ножей, установленных по винтовым линиям, расходящимся от середины. Шкурка прижимается гибкой лентой, а перемещается - подъемной штангой *2*, на которой зажимается край шкуры.

Более производительны машины с прижимным конвейером *3* и транспортирующими валами, которые перемещают шкуру при обработке. Транспортирующий механизм имеет, как правило, реверс.

Наибольшей производительностью отличаются проходные разбивочные машины, хотя они не всегда обеспечивают нужное качество обработки, особенно краевых участков шкуры. Шкурку укладывают вперегиб на цепной конвейер *4*, на котором она удерживается прижимным ремнем *5* с системой подпружиненных роликов. Свешивающиеся части шкурки обрабатываются ножевыми барабанами *6*, аналогичными применяемым в малых машинах. В машинах для обработки крупных шкур - овчин барабан совершает еще и качательные движения вдоль шкурки. Сила прижатия регулируется изменением положения барабана относительно неподвижной опорной поверхности. В последних моделях машин опорная поверхность в рабочей зоне имеет разрыв, в который помещен прижимной ремень, совершающий колебания в направлении барабана, что улучшает качество обработки. Техническая характеристика разбивочных машин приведена в табл. 6.2.2.

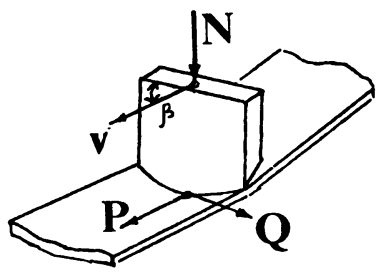


Рис. 6.2.7. Силы взаимодействия ножа с материалом разбивочной машины

Силовое воздействие лопаточного ножа на кожевую ткань может быть определено из следующих соотношений, полученных для окружной и осевой сил (рис. 6.2.7):

$$P = BN + P_0;\ Q = CN,$$

где N - сила прижатия ножа к шкурке; P_0 = = 40 ÷ 60 Н - сила сопротивления (затрачиваемая на подчистку мездры); B и C - коэффициенты пропорциональности: $B = k_1(\sin\beta + f\cos^2\beta) + f$; $C = k_1(\cos\beta - f\cos\beta\sin\beta)$; $k_1 \approx 0{,}7$ - коэффициент сопротивления перемещению ножа; $f \approx 0{,}2$ - коэффициент трения ножа о ножевую ткань; β - угол установки плоскости ножа к направлению его вращения.

Кроме машин описанных типов существуют разбивочные и мягчильные машины с рабочими органами в виде парных валов с наклонными дисками, винтовыми ребрами, с винтовыми волнистыми ножами. Большинство разбивочных машин относятся к группе машин с ножевыми валами, методы проектирования и расчета их механизмов изложены выше.

Катки. Прокатка подошвенных кож проводится на непроходных машинах роликом *1* по плите *2* и на проходных машинах - парами роликов *1*, расположенных в шахматном порядке (рис. 6.2.8). Машины первого типа применяют преимущественно для прокатки пол и воротков, а второго - для прокатки чепраков и получепраков.

В процессе прокатки в коже создается напряжение сжатия порядка 20 ÷ 50 МПа, для чего требуется распределенная сила прижатия прокатного ролика q = 15 ÷ 20 кН/см для чепраков и q = 8 ÷ 10 кН/см для пол и воротков. В результате прокатки кожа уплотняется, ее толщина уменьшается примерно на 30 %. Среднее напряжение сжатия при контакте кожи с роликом радиусом R и шириной L:

$$\sigma_{ср} = \sqrt[3]{\frac{q^2 E_1}{2R\delta}},$$

где $q = Q / L$; δ - толщина кожи; E_1 - мгновенный модуль упругости кожи.

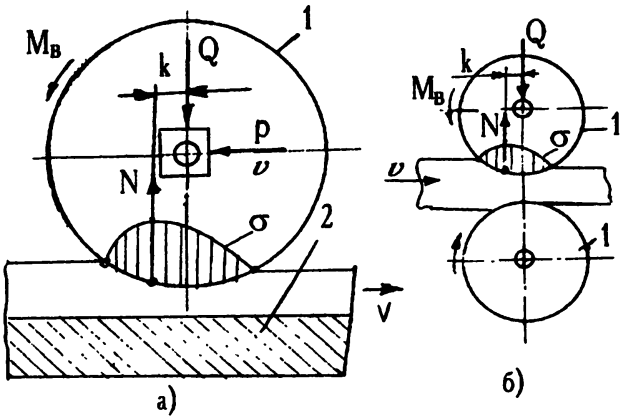


Рис. 6.2.8. Схема прокатки кож на катке:
а - непроходном; *б* - проходном

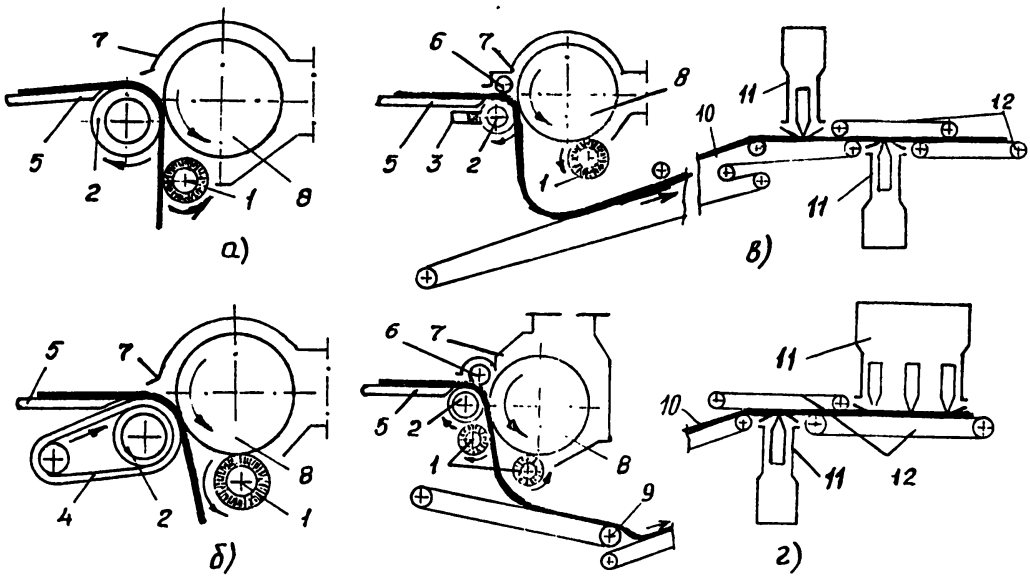


Рис. 6.2.9. Схемы обработки полуфабриката:
а, *б* - на шлифовальных машинах с шириной рабочего прохода 250 + 800 мм;
в, *г* - на шлифовально-обеспыливающих агрегатах;
1 - щеточные валы; *2* - подающий вал; *3* - плоская (неподвижная щетка); *4* - войлочный конвейер; *5* - загрузочный стол; *6* - прижимной вал; *7* - короб аспирационной установки машины; *8* - шлифовальный барабан; *9* и *10* - соответственно отводящий и соединительный конвейеры; *11* - обеспыливающие головки; *12* - конвейеры (полотняные и струнные) обеспыливающих установок

Сопротивление перемещению ролика P создается трением качения в контакте. Вязкоупругие свойства кожи проявляются в том, что восстановление упругой деформации в контакте запаздывает; постоянная времени запаздывания порядка $\tau = 0{,}01 \div 0{,}02$ с соответствует первому максимуму спектра (см. рис. 6.2.2), отражающему быстрые релаксационные процессы. Это приводит к асимметричности эпюры нормального давления в контакте и смещению реакции кожи N на величину плеча k, являющегося коэффициентом трения качения. В данном случае имеет место почти чистое качение, когда $PR = kN$, $N = Q$. В диапазоне применяемых скоростей роликов существует почти линейная зависимость $k = 2\tau v$. Сила и мощность, требующиеся для перемещения ролика непроходного катка, соответственно $P = kQ / R$, $W = Pv$. Вращающий момент на паре роликов проходного катка $M_в = kQ$.

6.2.2. ШЛИФОВАЛЬНО-ОБЕСПЫЛИВАЮЩИЕ МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ

В кожевенном производстве операция шлифования осуществляется как по лицевой, так и по бахтармяной стороне кож хромового дубления и юфти. В меховом производстве шлифованию подвергают прежде всего шубные и меховые овчины.

В качестве рабочего инструмента шлифовальных машин служит цилиндрический барабан, обтянутый (или огибаемый) бумажным или тканевым полотном, на которое наклеен размельченный абразивный материал. Качество обработки повышается с усложнением траектории перемещения инструмента. На современных машинах одновременно с вращательным движением обеспечивается возвратно-поступательное перемещение (осциллирование) шлифовального инструмента вдоль оси вращения.

Обрабатываемый материал поджимается к шлифовальному барабану подающим валом *2* с упругим покрытием в виде резинового чехла или войлочной ленты короткого конвейера *4* (рис. 6.2.9, *а*, *б*). У машин, выполняющих шлифование по всей ширине полуфабриката, последний для обеспечения равномерной транспортировки поджимается к поверхности подающего вала посредством прижимного вала (рис. 6.2.9, *в*, *г*). Под подающим валом и шлифовальным барабаном устанавливают щетки (чаще круглые вращающиеся, реже - неподвижные), предназначенные для удаления кожевенной пыли с поверхностей полуфабриката, подающего вала и шлифовального барабана, а также исключающие наматывание полуфабриката на подающий вал или шлифовальный барабан.

В зависимости от размеров и расположения зерен абразива и режимов обработки форма и толщина снимаемых слоев (стружки) различны, что определяет высоту микронеровностей, образующихся на поверхности полуфабриката. Наиболее типичными являются стружки запятообразной и сегментообразной форм (рис. 6.2.10). Снимаемые слои будут иметь вид запятой, если для расстояния s_1, s_2 и т.д. между точками выхода из материала соседних зерен абразива соблюдаются условия

$$s_i = \frac{v_п}{v_р} l < 2\overset{\smile}{CE} = 2\sqrt{\frac{2Rrh}{R_р + R_п}} \quad \text{или}$$

$$v_п < \frac{2v_р\sqrt{\dfrac{2Rrh}{R_р + R_п}}}{l},$$

где $v_п$ и $v_р$ -скорость соответственно подачи материала и окружная скорость шлифовального барабана; l - среднее расстояние между зернами абразива; $R_р$ и $R_п$ - радиус соответственно шлифовального барабана и подающего вала; h - глубина канавки, образуемой при снятии стружки.

Характеристики промышленных шлифовальных машин в зависимости от их конструктивной модификации находятся в достаточно

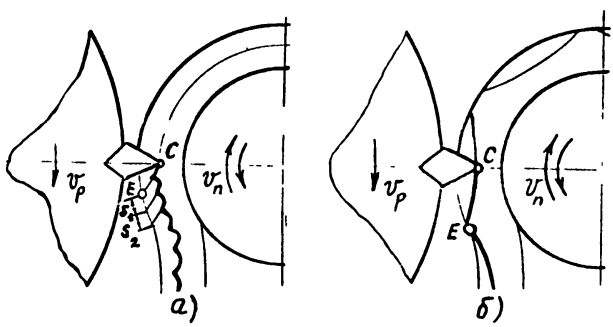


Рис. 6.2.10. Схемы снятия абразивными зернами слоев материала запятообразной (*а*) и сегментообразной (*б*) формы

широком диапазоне (R = 125 ÷ 180 мм; $v_р$ = = 16 ÷ 29 м/с; $v_п$ = 0,05 ÷ 0,55 м/с; амплитуда осевых перемещений шлифовального барабана до 8 мм).

Машины с малой шириной рабочего прохода (250 ÷ 800 мм) используют для обработки полуфабриката участками в виде сравнительно узких полос, а также мелкого полуфабриката по всей его ширине. Шлифовальный барабан, подающий и щеточный валы машин приводятся в движение от общего электродвигателя. Необходимое давление прижимного вала на полуфабрикат осуществляется через рычажную систему от нажатой оператором педали или от пневмоцилиндра.

Машины с шириной рабочего прохода 1200 ÷ 3000 мм обычно эксплуатируются в составе шлифовально-обеспыливающих агрегатов, последовательно обеспечивающих шлифование и очистку кожи от осевшей на ее поверхность пыли (см. рис. 6.2.9, *в*, *г*).

Шлифовальный барабан *8* таких машин вращается от электродвигателя через клиноременную передачу. Закрепленный на валу шлифовального барабана шкив этой передачи является одновременно барабаном ленточного тормозного устройства. Со стороны, противоположной системе привода, вал шлифовального барабана связан с устройством, обеспечивающим его продольное перемещение (осциллирование). В качестве транспортирующего элемента конвейера, отводящего полуфабрикат из рабочей зоны машины, используются узкие ленты, в движение конвейер приводится индивидуальным электродвигателем (через клиноременную передачу) или гидромотором (через червячный редуктор). При использовании машины по схеме непроходной обработки, т.е. без применения обеспыливающей установки, отводящий конвейер заменяют наклонным (в направлении к оператору) лотком. Подающий вал соединен через редуктор и клиноременную передачу со шлифовальным барабаном, или с гидромотором через червячный редуктор. Щеточные валы не имеют отдельного привода и кинематически связаны со шлифовальным барабаном или с подающим валом. В верхней части машины установлен короб системы удаления выделяющейся пыли вытяжным вентилятором.

В машинах предусмотрены регулировки зазоров между подающим валом и шлифовальным барабаном, прижимным и подающим валами, регулировки давления на полуфабрикат со стороны подающего и прижимного валов. Маховики для выполнения указанных регулировок размещены с фронтальной стороны станины. Управление машинами, т.е. включение - отключение привода шлифовального барабана с одновременным переводом каретки с загрузочным столом и подающим валом в рабочее положение (или обратно) осуществляется нажатием на педаль.

Обеспыливающие установки, входящие в состав шлифовально-обеспыливающих агрегатов, позволяют удалить пыль с обеих поверхностей полуфабриката. Операция выполняется с помощью обеспыливающих головок, работающих по сдуво-всасывающему принципу. Их основными элементами являются образованная корпусом головки наружная камера и одна или несколько (две или три) внутренних камер. В полость каждой внутренней камеры подается сжатый воздух, который выходит через продольную щель (ее ширина 0,1 ÷ 0,2 мм) в контактирующей с объектом обработки стенке камеры. Щель расположена перпендикулярно к направлению перемещения кожи и выходящий из нее (щели) воздух отделяет пыль от поверхности проходящего под (или над) обеспыливающей головкой полуфабриката. Поднятые частицы пыли увлекаются потоком воздуха, засасываемого из окружающей среды через щели в нижней части боковых стенок наружной камеры, направляются в полость ее корпуса и далее вытяжным вентилятором - в пылесборник.

Расчет элементов агрегатов включает оценку напряжения материала шлифовального барабана, определение параметров его ленточного тормоза и нахождение характеристик (давление и расход воздуха) нагнетателя и побудителей тяги аспирационной системы.

Корпус барабана находится под действием инерционных нагрузок, возникающих при его вращении. Элемент рассчитывается как полый цилиндр с наружным радиусом R и внутренним радиусом $r_в$, вращающийся с угловой скоростью ω. Максимальными являются кольцевые напряжения, возникающие на внутренней поверхности цилиндра

$$\sigma = \frac{\rho\omega^2\left[R^2(3-2\mu) + r_в^2(1-2\mu)\right]}{4(1-\mu)},$$

где μ и ρ - соответственно коэффициент Пуассона и плотность материала.

Если обечайка барабана может быть рассмотрена как тонкостенный цилиндр ($r_в \approx R$), то расчетная формула принимает вид $\sigma = \rho\omega^2 R$. Полученное значение напряжения сравнивается с допускаемым.

Параметры ленточного тормоза определяют по условию равенства работы тормозного момента и гасимой кинетической энергии элементов, кинематически связанных с валом шлифовального барабана, при снижении угловой скорости последнего от ω до нуля. Допускаемое (с точки зрения исключения повреждения полуфабриката или предотвращения травматизма) за рассматриваемый промежуток времени перемещение $s_к$ кожи подающим

валом связано с натяжением T сбегающей ветви ленты соотношением

$$s_к = \frac{R_п J \omega^2}{2 i R_т T \left(e^{f\alpha} - 1\right)},$$

где $R_т$ и $R_п$ - радиус соответственно тормозного барабана и подающего вала; J - приведенный к валу шлифовального барабана момент инерции подвижных элементов; i - передаточное число кинематической цепи вал шлифовального барабана - подающий вал; α и f - соответственно угол обхвата тормозного барабана лентой и коэффициент трения.

Низкая концентрация пыли в отводимом аспирационными системами воздухе позволяет проводить их расчет по аналогии с вентиляционными. Исходной характеристикой для выбора нагнетателя (газодувки) обеспыливающих головок является скорость трогания частиц пыли, а для вытяжных вентиляторов - скорость их витания. Для мелкой кожевенной стружки максимальная скорость трогания составляет около 12 м/с и превышает скорость витания в 1,2 - 2,2 раза.

6.2.3. АГРЕГАТЫ ПОКРЫВНОГО КРАШЕНИЯ

В кожевенной промышленности используют три основных машинных способа нанесения лакокрасочного покрытия на лицевую сторону кожевенного полуфабриката: щетками, распылением и поливом.

Щеточный способ. Благодаря равномерности покрытия и его высокой адгезии с поверхностью полуфабриката щетки используют в основном для нанесения грунта перед покрывным крашением. Технологический процесс при этом способе складывается из трех операций: разбрызгивания грунта по поверхности полуфабриката с помощью распылителей, втирания краски щетками и сушки. В агрегатах различных конструкций перемещение щеток может быть возвратно-поступательным и вращательным.

При возвратно-поступательном движении щеток полуфабрикат перемещается конвейером со скоростью v_1, а щетки перемещаются поперек конвейера со скоростью v_2, причем векторы $\bar{v}_1$ и $\bar{v}_2$ взаимно перпендикулярны. След щетки на полуфабрикате шириной l располагается не перпендикулярно к линии перемещения полуфабриката, а образует с этим перпендикуляром угол α. Допускаемая скорость перемещения полуфабриката (определяющая производительность машины)

$$v_{1\max} = \frac{v_2 h}{2 l_{\max} к},$$

где v_1 - скорость перемещения щетки, м/с; h - ширина щетки, м; $l_{\max}$ - максимальная ширина полуфабриката или ход щетки, м; $к$ - коэффициент перекрытия.

От коэффициента перекрытия $к$ зависит кратность обработки, т.е. число проходов щетки по одному и тому же элементу поверхности полуфабриката. Минимальное значение коэффициента $к_{\min} = 1$; при этом каждый элемент поверхности обрабатывается дважды, причем равномерно.

Полуфабрикат перемещается конвейером со скоростью v_1, а щетки вращаются с угловой скоростью ω. При этом след взаимодействия каждой щетки с полуфабрикатом имеет вид спирали, а допускаемая скорость перемещения полуфабриката конвейером

$$v_{1\max} = \frac{n \omega h}{k\pi},$$

где n - коэффициент, учитывающий число щеток на вращающейся головке; для одной щетки $n = 1/2$; для двух $n = 1$; для трех $n = 3/2$; для четырех щеток $n = 2$; ω - угловая скорость головки со щетками, рад/с.

Здесь $k_{\min} = 1$, однако при любых значениях k равномерная обработка поверхности полуфабриката не обеспечивается - центральная часть зоны обрабатывается менее интенсивно, чем периферийные части этой зоны. Устранить этот недостаток можно, увеличивая радиус головки, но при этом возрастают габаритные размеры агрегата.

Схема агрегата для нанесения грунта щетками приведена на рис. 6.2.11. Агрегат имеет четыре зоны. В зоне *I* расположено устройство *3* для определения и запоминания формы полуфабриката, в зоне *II* - распылительные форсунки *4*, посредством которых на поверхность полуфабриката наносится грунт. Головка с форсунками осуществляет возвратно-поступательное движение и поворачивается относительно вертикальной оси, нанося краску по всей ширине полуфабриката. Устройство *3* включает в работу форсунки, только когда под ними находится полуфабрикат. В зоне *III* расположена щеточная головка *5* и вакуумное устройство *6*, которое предотвращает смещение и загибание краев полуфабриката при воздействии на него щеток, а в зоне *IV* - низкотемпературная сушилка *7*. Перемещение полуфабриката в зонах *I* - *III* происходит сетчатым конвейером *2*, нижняя ветвь которого

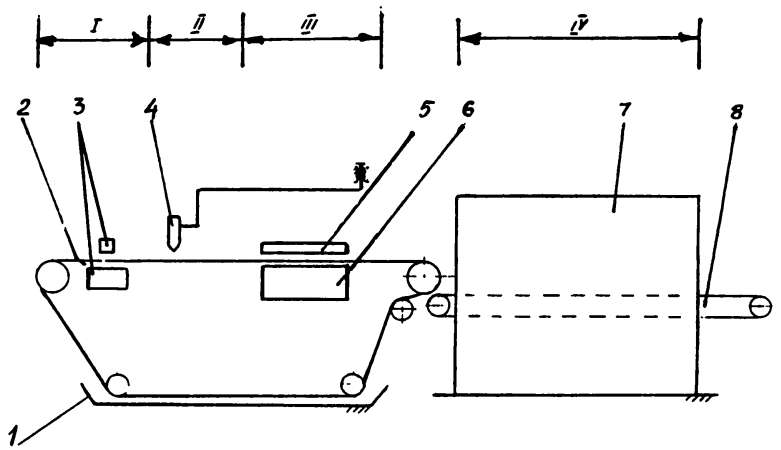


Рис. 6.2.11. Схема агрегата для нанесения грунта щетками

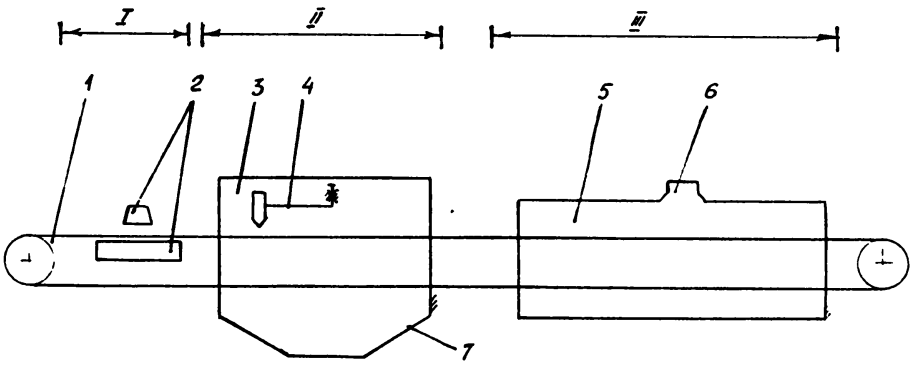


Рис. 6.2.12. Схема агрегата для покрывного крашения полуфабриката распылением

постоянно очищается в промывочной ванне *1*, в зоне *IV* - струнным конвейером *8*.

Способ распыления. Пневмоэжекторные форсунки создают направленную струю мельчайших капель краски. Основным недостатком этого способа является наличие тумана из капелек краски в красильной камере, что приводит к значительному перерасходу красящего вещества и требует наличия специальных устройств для удаления и локализации капелек краски, не попавших на полуфабрикат. Нанесение краски распылением в электростатическом поле устраняет этот недостаток, одновременно улучшая адгезию слоя краски с поверхностью полуфабриката.

В агрегатах, реализующих данный способ, устанавливают 4 - 8 распылительных форсунок на головке, вращающейся относительно вертикальной оси над полуфабрикатом, перемещаемым конвейером. Для обеспечения равномерности нанесения краски диаметр вращения форсунки (форсунок) выбирают несколько больше ширины обрабатываемого полуфабриката. Тогда след перемещения эффективного диаметра $d_{эф}$ на полуфабрикате имеет форму отрезков спирали. Скорость перемещения полуфабриката

$$v_{1\max} = \frac{n\omega d_{эф}}{k\pi},$$

где n - коэффициент, учитывающий число распылительных форсунок на вращающейся головке (его значения аналогичны предыдущему случаю); ω - угловая скорость распылительной головки, рад/с; $d_{эф}$ - эффективный диаметр распыления - диаметр окружности с центром, совпадающим с центром распылительной форсунки, где обеспечивается заданная толщина покрытия полуфабриката, м; k - коэффициент перекрытия.

Схема агрегата для нанесения покрытия распылением приведена на рис. 6.2.12. В зоне *I* расположено устройство *2* для определения и запоминания формы полуфабриката, которое управляет работой распылительных форсунок;

в зоне *II* - распылительная камера *3*, оснащенная коллектором *7* для сбора и отсоса краски, с вращающейся головкой *4* с распылительными форсунками; в зоне *III* - сушилка *5* с коллектором *6* для отсоса паров растворителя. Перемещение полуфабриката во всех зонах осуществляется единым струнным конвейером *1*.

Способ полива. Это наиболее производительный процесс, однако предъявляет самые жесткие требования к характеристикам красителя и их стабильности, а также накладывает ограничения на минимальную толщину наносимого слоя. В отличие от предыдущих способ полива характеризуется максимальной и минимальной скоростью перемещения полуфабриката. Минимальная скорость перемещения полуфабриката ограничивается скоростью струи краски в месте ее касания полуфабриката:

$$v_{min} = \sqrt{2g\left(\mu^2 H + h\right)},$$

где g - ускорение свободного падения, м/с^2; H - высота столба жидкости в емкости, м; h - высота щелевого сопла над полуфабрикатом, м; μ - коэффициент расхода через щелевое сопло.

Если скорость перемещения полуфабриката $v_1 = v_{min}$, то толщина покрытия (до высыхания) равна толщине струи в ее средней части. Уменьшение скорости полуфабриката ниже указанной приведет к хаотической деформации струи в месте контакта с полуфабрикатом и неравномерному нанесению покрытия.

Максимальная скорость перемещения полуфабриката определяется способностью струи к деформации растяжения и необходимой толщиной покрытия, и поэтому она зависит в основном от физико-механических свойств наносимого состава. Практически скорость перемещения $v_1 = 0{,}16 \div 2{,}7$ м/с, теоретически повышение v_{max} возможно при возрастании скорости струи v_2 за счет увеличения h, однако рост h сверх определенного значения приводит к образованию нестабильной струи.

Схема агрегата для покрывного крашения поливом приведена на рис. 6.2.13. Поливочная головка *3* с щелевым отверстием в днище расположена на регуляторах высоты *2* над подающим *1* и отводящим *5* струнными конвейерами. Емкость имеет сливную магистраль *4*, которая позволяет поддерживать постоянный уровень красителя в головке. Поскольку плоская струя, вытекающая постоянно, имеет ширину, значительно больше ширины обрабатываемого полуфабриката, полуфабрикат подается с существенным зазором для сбора части

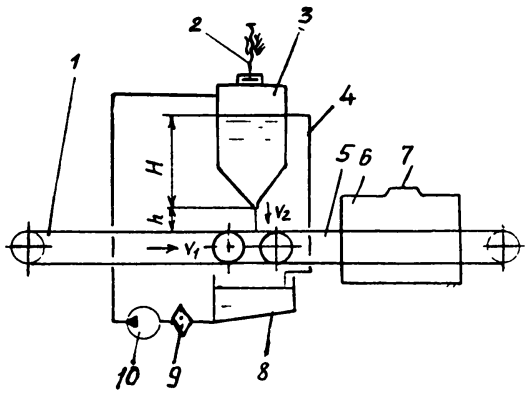


Рис. 6.2.13. Схема агрегата для нанесения покрытия способом полива

красителя, не попадающего на полуфабрикат, под поливочной головкой расположен сборный бак *8*, из которого краситель, предварительно очищенный от посторонних включений в фильтре *9*, перекачивается в поливочную емкость насосом *10*. Сушильная камера *6* снабжена коллектором *7* отсоса паров растворителя.

6.2.4. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Измерение кож является последней из финишных операций при их обработке. Измеряют как площадь, так и толщину кожи в одной стандартной точке. Различают машины для измерения жестких кож (для низа обуви) и мягких кож (для верха обуви и кожгалантереи). По конструктивному исполнению измерительного и счетного устройств среди этих машин можно выделить группы с механическими устройствами, с механическим измерением и электронным счетом, с электронными устройствами. Большинство современных измерительных машин относятся к последней группе.

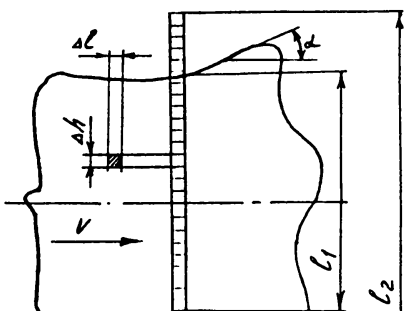


Рис. 6.2.14. Схема измерения площади кожи

Схема измерения площади кожи приведена на рис. 6.2.14. Рабочим элементом измерительного устройства является линейка, состоящая из датчиков шириной Δh. Частота генератора импульсов пропорциональна скорости v перемещения полуфабриката относительно линейки и площадь полуфабриката

$$S = \sum_{j=1}^{k}\left(\Delta l \sum_{i=1}^{n} \Delta h_i\right)_j ,$$

где n - число датчиков, находящихся в границах полуфабриката; k - число сканирующих импульсов генератора за время прохода полуфабриката зоны линейки.

Величина

$$\Delta l = \Delta \tau v,$$

где $\Delta\tau$ - период между двумя сканирующими импульсами (или их сериями).

Линии контура полуфабриката не параллельны направлению его подачи. Угол α образован направлением подачи полуфабриката и касательной к линии контура в рассматриваемой точке. Если допускаемая погрешность измерения элементарной полоски (шириной Δl) полуфабриката составляет величину ε, то допускаемая скорость подачи полуфабриката

$$v \le \frac{l_1}{l_2}\frac{\varepsilon}{\tau \operatorname{tg}\alpha},$$

где l_1 - текущая ширина полуфабриката; l_2 - ширина измерительной линейки; τ - суммарное время срабатывания датчиков (при последовательном сканировании) или время срабатывания одного датчика (при параллельном сканировании).

Схема электронной измерительной машины с последовательным сканированием приведена на рис. 6.2.15. Полуфабрикат *3*, помещенный на загрузочно-разгрузочный столик *4*, перемещается в зоне измерения транспортирующими валиками *1* и *5*. Длина осветителя *2* равна рабочей длине транспортирующих валиков. Нижний валик имеет кольцевые проточки, в которых расположены приемные торцы световодов *6*. Выходные торцы световодов (на схеме показан один из них) расположены по окружности напротив диска *7* с отверстием *13*. Напротив выходных торцов световодов, по другую сторону диска, расположены фотоприемники *12*. По разные стороны периферийной части диска с отверстиями *14* расположены точечный осветитель *8* и фотоприемник *9*.

При измерении диск *7* посредством отверстия *13* осуществляет последовательное сканирование (опрос) световодов *6*, часть из которых оказывается неосвещенной, поскольку перекрыта полуфабрикатом. Одновременно осветитель посылает в приемник *9* опорный импульс. Информация с приемников *9* и *12* передается в устройство сравнения-преобразования *10*, которое в течение одного оборота диска передает в счетное устройство *11* число импульсов, пропорциональное количеству затемненных световодов $\sum_{i=1}^{n} \Delta h_i$. Каждый оборот диска пропорционален величине Δl (поскольку диск получает вращение от приводного валика), следовательно, за каждый оборот диска площадь полоски полуфабриката

$$\Delta s = \Delta l \sum_{i=1}^{n} \Delta h_i .$$

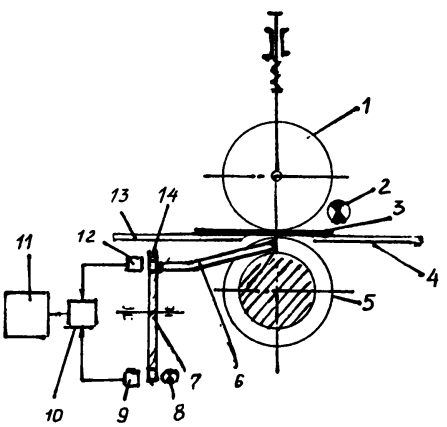


Рис. 6.2.15. Схема электронной измерительной машины с последовательным сканированием

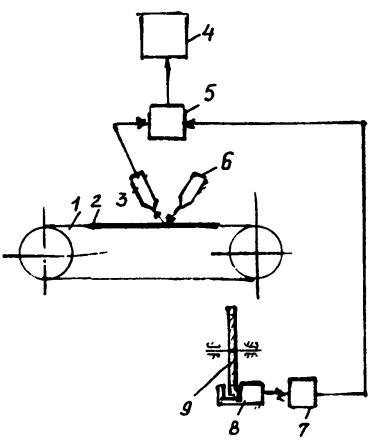


Рис. 6.2.16. Схема измерительной машины с параллельным сканированием

В машине с параллельным сканированием (рис. 6.2.16) полуфабрикат перемещается конвейером *1*. Измерение величины $\sum_{i=1}^{n} \Delta h_i$ осуществляется с помощью линейного осветителя *6* и фотолинейки *3*, работающей в отраженном свете. Выработка опорных импульсов, соответствующих величине Δl, осуществляется перфорированным диском *9*, приводимым во вращение от приводного барабана конвейера и снабженным бесконтактным датчиком *8*. Таким образом все сигналы от датчика *8*, прошедшие через преобразователь *7* и устройство сравнения *5*, поступают в устройство счета *4* сигналов одновременно (параллельно), что обеспечивает подсчет величины Δs.

Некоторые машины для измерения площади кожи снабжены также устройствами для измерения толщины, индикаторным табло для возможности визуального считывания результатов измерений, а также печатающим устройством, фиксирующим результаты измерения, и др.

6.2.5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА МЕХОВЫХ ШКУРОК

Волосяной покров обрабатывается в отделочных цехах меховых фабрик, после выделки кожевой ткани и крашения, на специальных машинах, имеющих специфические рабочие органы, удерживающие и транспортирующие устройства. Исключение составляет предварительная стрижка овчин во влажном состоянии в сырейно-красильных цехах.

В процессе отделки волосяного покрова меховые шкурки проходят следующие основные операции, выполняемые на соответствующих машинах:

чесание для распрямления и разъединения спутанного волоса, удаления пыли, опилок и свалянного волоса;

колочение для окончательного удаления пыли и опилок; волос становится более пушистым и естественно ориентированным;

стрижку до заданной высоты. Это одна из основных операций облагораживания овчин, шкурок кролика, собаки, мерлушки;

эпилирование - удаление остевого волоса шкурок кролика, кошки и др. при имитации их под более ценные виды меха;

нанесение растворов и красок, например, растворы, перед глажением (люстрирование) наносят на намазных машинах, а краски на волосяной покров - на установках для аэрографного и трафаретного крашения меха;

глажение горячим барабаном с целью спрямления и ориентации волоса в одном направлении, придания ему блеска и шелковистости.

Чесальные машины. Рабочий орган - игольчатый (кардный) вал - представляет собой полый вал *8*, на который навита по спирали игольчатая лента (кардолента) *7* (рис. 6.2.17). Шкурка подается в рабочую зону конвейером *1*, состоящим из отдельных клиновых ремней, уложенных в канавки валов *3*, *4* с шагом 50 мм. Предварительно расправленная валиком *2* шкурка захватывается транспортирующими валами *4* и *5* и прижимается к огибаемому ею валу *4* струнами *6*, которые уложены в канавки по всей длине вала *4*, в промежутки между клиновыми ремнями. Верхние концы струн закреплены в поперечной планке, а нижние - натянуты пружинами. Обработанная шкурка соскальзывает по наклонной поверхности, образуемой струнами. Машины для мелких шкурок (кролика, лямки) имеют вмес-

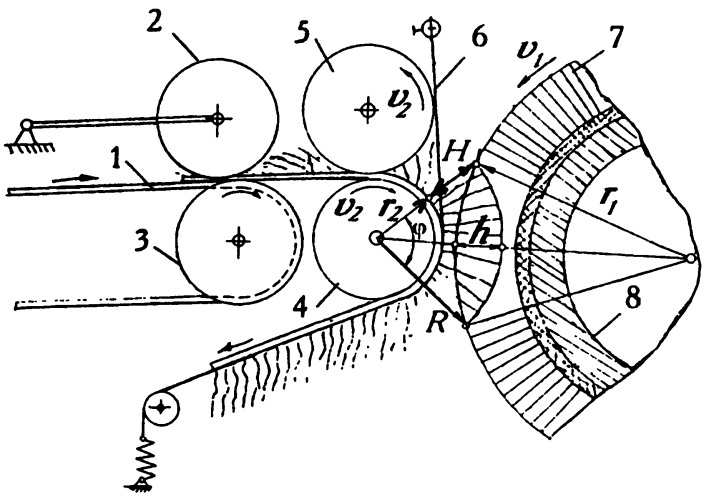


Рис. 6.2.17. Схема чесальной машины

то струн нижний отводящий конвейер, который, как и верхний подводящий конвейер, выполнен из сеток. Глубина чесания регулируется смещением рамы с подводящим конвейером и транспортирующими валами относительно игольчатого вала.

Для расчесывания следов от струн требуется двухкратный пропуск шкурок через машину. Некоторые зарубежные фирмы используют для удержания шкурок в чесальных машинах вакуумный присос, как у стригальных машин. Однако для создания разрежения в вакуумной коробке требуется вентилятор большой мощности, примерно равной мощности привода машины.

Рабочая зона чесальной машины закрыта кожухом, воздух из нее с пылью и очесами отсасывается в аспирационную установку. Для периодической очистки игольчатого вала от очесов имеется специальное устройство.

Техническая характеристика чесальных машин

Ширина рабочего прохода для обработки, мм:	
овчин	1200÷1400
кролика и лямки	700
Производительность, овчин/ч	150÷230
Скорость подачи шкурки, м/с	0,09÷0,2
Глубина прочесывания, мм, не более	35
Параметры кардного вала:	
диаметр, мм	320
частота вращения, мин$^{-1}$	500÷780
Мощность привода, кВт	3÷4
Расход аспирационной установки, м^3/ч, не более	350
Масса машины, кг	700÷1200

Интенсивность процесса чесания определяется числом игл, прошедших относительно каждого участка волосяного покрова,

$$E = 2R \arccos \frac{R^2 + A^2 - r_1^2}{2RA} \frac{v_1}{v_2} z,$$

где $R = r_2 + H$; r_2 - радиус поверхности, огибаемой шкуркой; H - высота волоса; $A = R + r_1 - h$; r_1 - радиус вала по окружности игл; h - глубина чесания; v_1 - окружная скорость игл; v_2 - скорость подачи шкурки; z - число игл на единицу длины окружности кардного вала; $z = 2 \div 6$ на 1 см.

Практически режим обработки выбирают так, чтобы $E = 10^2 \div 10^3$.

Стригальные машины. На ножевом валу 2 закреплены винтами или точечной сваркой 10 - 16 спиральных ножей *3* с углом подъема 70 ÷ 75° (рис. 6.2.18). Нож имеет полку, прилегающую к поверхности вала, и рабочую часть, изогнутую для большей упругости. Переднюю режущую поверхность ножа иногда наплавляют твердым сплавом. Она имеет косую насечку глубиной около 0,3 мм и шагом 1,25 мм для уменьшения соскальзывания волоса вдоль режущей кромки. Зарубежные фирмы применяют также прямые ножи *1*, зачеканенные в спиральные наклонные канавки вала *2*, подобные применяемым в строгальных машинах.

Спиральные ножи точно пришлифовываются к неподвижному ножу *6* и имеют с ним 15 - 20 точек контакта, перемещающихся при вращении вала вдоль острия ножа, как при работе ножниц. Ножи отечественных ма-

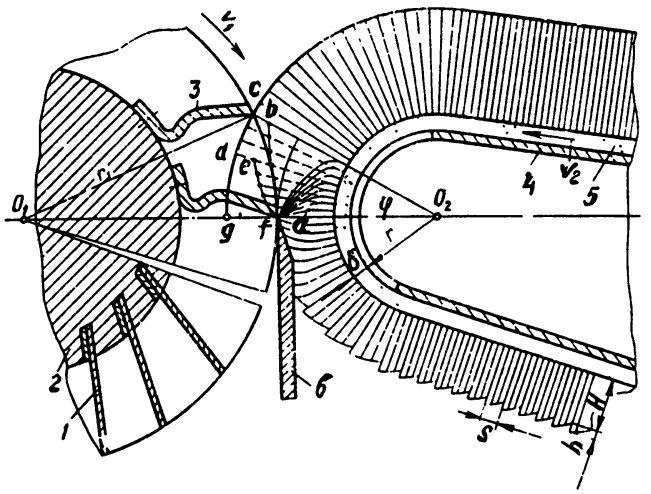


Рис. 6.2.18. Схема резания волоса на стригальной машине

шин изготовляют из стали У8А и закаливают до твердости 56 ÷ 60 $HRC_э$. Неподвижный нож периодически затачивают, снимая с машины. Жесткая траверса позволяет точно регулировать положение ножа в вертикальном и горизонтальном направлениях относительно ножевого вала. В машинах зарубежных фирм ножевой вал при работе совершает еще и осциллирующие движения вдоль своей оси.

Для фиксации при стрижке положения шкурки относительно ножей применяют струнное удерживающее устройство, либо вакуумную коробку *5*. Передняя цилиндрическая часть коробки (рабочая зона) имеет щели, через которые шкурка присасывается. Коробка соединена патрубками с отсасывающим вентилятором, создающим в ней разрежение около 0,5 кПа.

Шкурка при обработке перемещается конвейером *4* (стальной сеткой, огибающей вакуумную коробку *5* и обрезиненный приводной-натяжной вал). Шкурка перед входом в рабочую зону расправляется валиком. Обработанная шкурка выводится вторым сетчатым конвейером снизу машины. Рабочая зона машины закрыта кожухом, соединенным патрубком с аспирационной установкой - сборником шерсти.

Техническая характеристика стригальных машин

Ширина рабочего прохода для овчин, мм	1200÷1300
Производительность, овчин/ч	200÷300
Диаметр ножевого вала с ножами, мм	166÷200
Окружная скорость ножей, м/с	8÷13
Мощность привода, кВт	3÷4
Скорость подачи шкурки, м/с	0,05÷0,33
Мощность вентилятора вакуумной коробки, кВт	3÷7,5
Масса машины, кг	700÷1300

Качество работы стригальной машины во многом определяется правильным выбором параметров ее рабочих органов и режимов обработки, влияющих на форму стриженой поверхности (см. рис. 6.2.18). Режущая кромка спирального ножа *3* подходит к волосу, изгибает и прижимает его к неподвижному ножу *6*. В момент контакта режущей кромки ножей часть волоса срезается. При выпрямлении концы волос образуют поверхность *ab*. К моменту подхода следующего ножа эта поверхность сместится на величину подачи s и займет положение *ef*. Следующий нож срезает волосяной покров в виде фигуры *abcdefa*. В результате образуется новая поверхность *ab* и т.д. Стриженый волосяной покров будет иметь ступенчатую поверхность с шагом ступенек, равным подаче на нож:

$$s = \frac{\pi D}{z}\frac{v_2}{v_1},$$

где D - диаметр ножей; z - их число; v_1 и v_2 - скорость соответственно ножей и шкурки.

Высота ступенек

$$h = \sqrt{s^2 + H^2 + \frac{s^2 H}{r+\delta}} - H,$$

где H - минимальная высота волоса после стрижки; r - радиус опорной поверхности; δ - толщина кожевой ткани.

Число отрезков, на которые режется волос, зависит от угла захвата φ: $n = n\varphi / s$. Угол захвата

$$\varphi = \arccos\frac{A^2 + R^2 - r_1^2}{2AR},$$

где $A = r_1 + r + H + \delta$; r_1 - радиус ножей; $R = r + \delta + H_0$; H_0 - высота волоса до стрижки.

Для окончательной стрижки волоса, чтобы ступенчатая структура поверхности была незаметной, принимают подачу на нож около 1 мм, для чего увеличивают число ножей до 16; при этом $h \le 0{,}05$ мм.

Рубальные машины. Они подобны стригальным и используются для предварительной стрижки шубных овчин. При этом срезается шерсть с длиной волоса 25 мм и более, являющаяся ценным сырьем. Чтобы не измельчать шерсть при стрижке, параметры процесса резания принимаются такими, чтобы $n = 1$. Для этого оставляется один режущий нож и снижается в 2 раза его скорость. Однако при этом получается грубая поверхность со ступеньками при $s \approx 20$ мм и $h \approx 10$ мм. Чтобы получить ровную поверхность без измельчения волоса, для предварительной стрижки меховых овчин во влажном состоянии применяют шерстерезные машины с ленточным ножом, подобные двоильно-ленточным машинам.

Глава 6.3

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КОЖЕВЕННО-МЕХОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Независимо от конкретного назначения, каждый автоматизированный технологический комплекс кожевенно-мехового производства включает в себя технологические машины, аппараты и агрегаты, объединенные в единую

систему с помощью устройств механизации и автоматизации вспомогательных операций и функционирующие вместе с этими устройствами в соответствии с задаваемыми системой управления последовательностью и режимами работы.

6.3.1. УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

К этим устройствам относятся прежде всего объединяющие технологическое оборудование в единый комплекс транспортно-ориентирующие устройства и загрузочно-разгрузочные устройства, обеспечивающие механизацию и автоматизацию подачи на обработку и съема полуфабриката или изделия.

Загрузочно-разгрузочные устройства (укладчики) могут быть как специализированными (для загрузки или выгрузки объекта обработки), так и универсальными (которые способны выполнять обе указанные операции).

Загрузочные укладчики осуществляют подачу кож или меховых шкурок из находящейся на козелке или на плоском столе (тележке) стопки. В первом случае верхний из завешенных вперегиб на козелке *1* объектов обработки захватывается и приподнимается вакуумным присосом *2* (рис. 6.3.1, *а*). Присос переносит полуфабрикат к качающемуся ленточному конвейеру *4*, на который он опускается при снятии разрежения в полости присоса. После поступления объекта манипулирования конвейер 4 поворачивается на определенный угол относительно горизонтальной оси, а его лента начинает двигаться и подает объект обработки на входной конвейер *3* соответствующей машины или агрегата.

Захват верхней из находящейся на плоском столе стопки кож или меховых шкурок может осуществляться также с помощью вакуумного присоса (рис. 6.3.1, *б*). Сохранение постоянного зазора между стопкой объектов манипулирования и перекрытой металлической сеткой нижней поверхностью присоса обеспечивается гидроцилиндром вертикального перемещения стола *1*. Перед созданием разрежения отделяемый от стопки объект смещается относительно последующих с помощью фрикционной лапки *2*, перемещаемой пневмоцилиндром *4*. Лапка возвращается в исходное положение после подсасывания полуфабриката к сетке вакуумного схвата. Перенос передней (по направлению движения) части объекта манипулирования на сеточный конвейер *8* осуществляется путем горизонтального перемещения схвата *3* с помощью пневмоцилиндра *5*. Полуфабрикат поджимается к поверхности конвейера *8* роликом *6*, соединенным со штоком пневмоцилиндра. Загиб краев объекта обработки предотвращается вибрацией верхней ветви сетки конвейера *8*. Вибрация обеспечивается ударами о сетку стержней, установленных на вращающейся крестовине *7*.

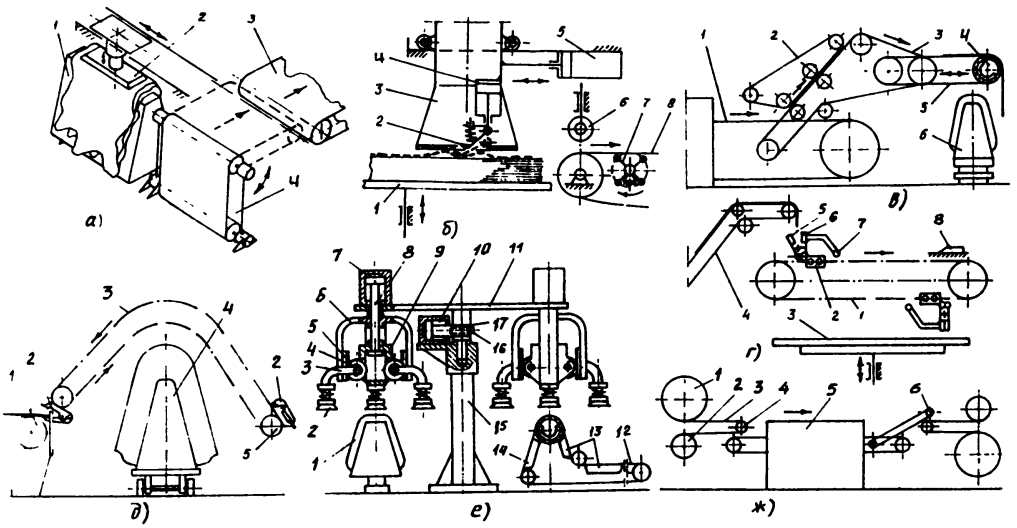


Рис. 6.3.1. Загрузочно-разгрузочные устройства:
а, б - загрузочные укладчики; *в - д* - разгрузочные укладчики;
е - универсальный укладчик с вакуумными схватами; *ж* - универсальные укладчики валичного типа, установленные на входе и выходе технологического агрегата

Разгрузочные укладчики предназначены для съема обработанного кожевенного или мехового полуфабриката с выводящих транспортирующих устройств технологического оборудования и стапелирования его на козелок или тележку. Часто для этой цели используют устройства, представляющие собой комбинацию нескольких конвейеров (струнных или с параллельными узкими ремнями), последний (по ходу движения полуфабриката) из которых совершает дополнительно возвратно-поступательное или качательное движение для укладки объекта обработки.

В подобном укладчике (рис. 6.3.1, *в*) объект манипулирования переходит с конвейера *1* технологического агрегата на наклонную ветвь конвейера *3* и удерживается прижимным конвейером *2*. Укладка полуфабриката на козелок *6* выполняется конвейером *5*. Самопроизвольное сползание объектов манипулирования с этого конвейера устраняется благодаря разрежению в полости барабана 4, поверхность которого выполнена перфорированной. Известны конструкции аналогичных устройств, у которых укладочный конвейер установлен наклонно и совершает поворотные движения.

Укладчики в виде двухцепных конвейеров снабжены механическими захватными устройствами (рис. 6.3.1, *г*). Для облегчения захвата края подлежащей укладке в стопку на стол *3* шкурки она подается к укладчику лентой наклонного конвейера *4*. Процесс укладки выполняется схватом *2*, находящимся на верхней ветви цепного конвейера *1*. При приближении схвата к крайнему правому положению его упор входит в контакт с неподвижным кулачком *8*, что приводит к размыканию зажимов *5* и *6* и освобождению полуфабриката. При движении схвата по нижней ветви конвейера его упор *7*, проходя над стопкой, разглаживает полуфабрикат, укладку которого выполняет схват верхней ветви конвейера.

При укладке объекта манипулирования на козелок *4* (рис. 6.3.1, *д*) край выходящего с конвейера *1* технологического агрегата полуфабриката захватывается схватами *2* одного из двух блоков захватных устройств. Схваты каждого блока установлены на горизонтальной штанге, концы которой соединены со звеньями двух параллельных цепей и перемещаются по дугообразной трассе. Зажимы схватов соответствующего блока раскрываются при его подходе к звездочке *5* конвейера *3*. Для удобства захвата поступающего объекта в столе обслуживаемого агрегата предусмотрены продольные прорези, в которые входят зажимы схватов. Замыкание зажимов схватов при подходе к ним края объекта обработки в каждом из рассмотренных устройств с цепными конвейерами обеспечивается электромагнитами, срабатывающими по сигналу фотоэлектрического следящего устройства.

Универсальные укладчики должны обеспечивать в общем случае выполнение загрузочно-разгрузочных операций при обслуживании проходного оборудования и работе с полуфабрикатом, стапелируемым как на козелок, так и на тележку. Техническое решение этой задачи связано с усложнением кинематической схемы установки по сравнению со специализированными укладчиками и дополнительным использованием транспортно-ориентирующих устройств для перевода полуфабриката из положения "вперегиб" (на козелке) в положение "картой" (на входном конвейере технологической машины или агрегата) и обратно.

Исполнительными элементами такой установки (рис. 6.3.1, *е*) являются два блока вакуумных схватов *2*: один размещен над стопкой объектов обработки, находящихся на козелке или тележке; другой - над транспортно-ориентирующим устройством или конвейером соответствующей технологической машины. В каждом блоке средние схваты перемещаются вертикально, а крайние, кроме того, поворачиваются относительно горизонтальных осей. Оба эти движения обеспечиваются пневмоцилиндром *7*.

Поворот рычагов *3* с боковыми схватами осуществляется с помощью зубчато-реечной передачи *5* - *4* после опускания на стопку *1* средних схватов, когда шток *8* со штангой *6* и рейкой *5* перемещаются относительно стакана *9*. К основным элементам транспортно-ориентирующего устройства относятся перфорированная конвейерная лента *12* и вакуумные камеры *13* и *14*. Перенос объекта обработки осуществляется при повороте штанги *11* с цилиндрами *7* и обоими блоками схватов относительно стойки *15*. Поворот выполняется пневмоцилиндром *10* через зубчато-реечную передачу *17* - *16*. Контроль за положением рабочих органов и полуфабриката обеспечивается конечными переключателями.

Для технологических комплексов отделки кож, в которых накопление и транспортирование объектов обработки осуществляют с закатыванием их в рулоны полиэтиленовой пленки или бумаги, перспективным является использование валичных укладчиков (рис. 6.3.1, *ж*). У укладчика, работающего в режиме подачи кож, они поступают на обработку в агрегат *5* при разматывании рулона *1* ленты *3* и кож на верхнем валу, а свободная лента сматывается в рулон *2* на нижнем. В режиме съема кож они подаются на ленту, разматываемую с нижнего вала, закатываются в рулон на верхнем. Для удобства подачи и приема кож укладчик имеет огибаемый лентой выносной вал *4* и может быть оснащен наклонным конвейером *6*.

Транспортно-ориентирующие устройства. В наиболее простых случаях они осуществляют только перемещение полуфабриката между последовательно расположенными технологи-

ческими машинами или агрегатами и загрузочно-разгрузочными устройствами без изменения его ориентации или при изменении уровня расположения объекта обработки (см. рис. 6.3.1, *г* и *ж*). Используемое оборудование - цепные, ленточные, струнные и другие конвейеры. В более сложных случаях одновременно с перемещением производится переориентация полуфабриката. Переориентация, как правило, сводится к кантовке (т.е. к переворачиванию) полуфабриката или к его повороту на определенный угол в плоскости (обычно горизонтальной) его перемещения на транспортирующем устройстве, а также к переводу объекта обработки из положения "вперегиб" в положение "картой" и наоборот.

Для кантовки кожевенного полуфабриката при его предварительной механической обработке предложены рычажный манипулятор и сдвоенный цепной конвейер, снабженные механическими схватами. Манипулятор (рис. 6.3.2, *а*) осуществляет переворот полуфабриката, подвешенного картой за зажатые схватами *1* и *3* лапы, при встречном движении схватов, которое обеспечивается гидроцилиндром *10* через промежуточные элементы 9, 13, 8, 7, 6, 2, 4. Манипулятор осуществляет и транспортирование объекта обработки от предшествующей ему (манипулятору) технологической машины к последующей. Эту операцию проводит гидроцилиндр *12* путем поворота рамы *5* (несущей механизм схватов) относительно основания *11* установки.

На встречном движении схватов для переворачивания полуфабриката основано и действие кантователя со сдвоенным цепным конвейером (рис. 6.3.2, *б*). Схваты *1* и *3* в которых зажаты края (лапы) полуфабриката, связаны с каретками *2* и *4*, перемещающимися цепями *5* и *6* по горизонтальным направляющим.

Кантовка мелкого кожевенного полуфабриката в технологических комплексах его отделки наиболее просто реализуется с помощью манипулятора со стержневой рамкой, совершающей поворот на угол 120 ÷ 150° (рис. 6.3.2, *в*). Рамка *2* расположена под струнами верхней ветви конвейера *1*. Ее поворот для перегрузки объекта манипулирования *3* на конвейер *4* осуществляется при поступлении полуфабриката в рабочую зону устройства. Устройство может быть использовано и как разгрузочный укладчик. В последнем случае приемный конвейер заменяют подъемным столом. Как правило, разгрузочные укладчики конвейерного типа позволяют выполнять и кантовку объекта манипулирования. Наличие или отсутствие переворота полуфабриката при его укладке определяется исходным положением укладочного конвейера.

Переориентирование полуфабриката в плоскости его транспортирования выполняется с помощью поворотных столов и конвейеров. Поворотные столы используются на участках отделки кож для низа обуви. Переориентация объекта осуществляется путем его разворота вакуумными схватами *2* относительно поверхности конвейера *1* (рис. 6.3.2, *г*) или поворота на 90° крестовины *2*, приподнятой над уровнем ленточных конвейеров 1 (рис. 6.3.2, *д*), в промежутках между которыми она находится.

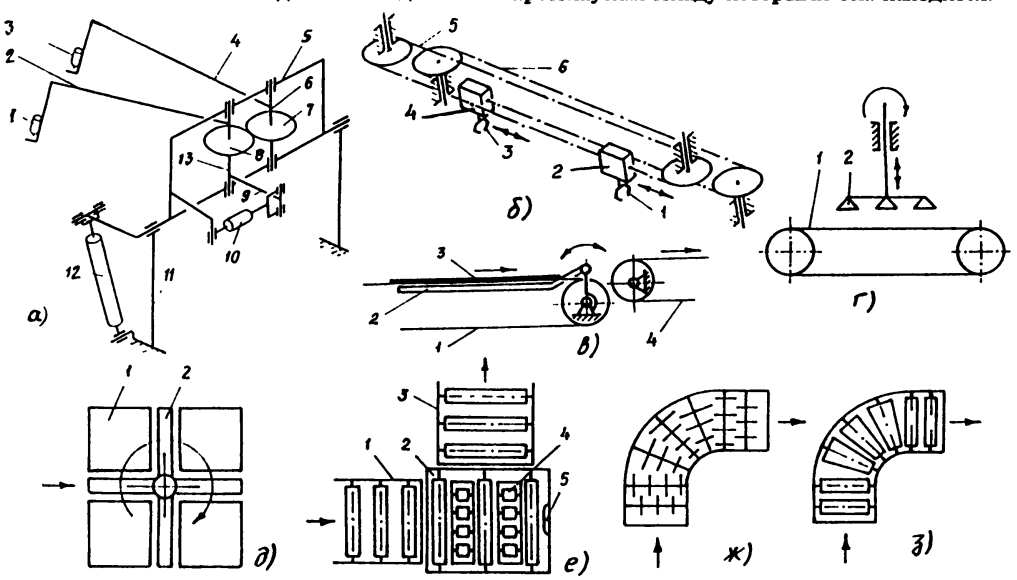


Рис. 6.3.2. Транспортно-ориентирующие устройства:
а - рычажный манипулятор; *б* - сдвоенный цепной конвейер; *в* - манипулятор со стержневой рамкой; *г* - *е* - поворотные столы; *ж*, *з* - поворотные конвейеры

На изменении уровня ориентирующих элементов основано действие рольгангового стола (рис. 6.3.2, *е*). При достижении поступающей с роликового конвейера *1* кожей упора *5* рамка *2* опускается и объект обработки остается на поверхности роликов *4*, параллельных роликам выходного конвейера *3*.

Поворотные конвейеры (рис. 6.3.2, *ж*, *з*), как и последний из рассмотренных выше ориентирующих столов, используют для перемещения полуфабриката между машинами или агрегатами, установленными под углом (чаще всего 90 °) друг к другу. В качестве транспортирующих элементов таких конвейеров используют конические ролики или диски, диаметр которых увеличивается к периферии изогнутой части конвейера.

Захватные устройства. Основным специфическим вопросом проектирования устройств автоматизации вспомогательных операций является конструктивное оформление и расчет захватных устройств - схватов. Их параметры определяют по расчетной силе удержания (или захвата) полуфабриката:

$$P_р = kG,$$

где G - вес полуфабриката; k - коэффициент запаса, учитывающий колебания веса G, наличие инерционных нагрузок и сил лобового сопротивления воздуха ($k \geq 1{,}5 + 2$ и зависит от схемы взаимодействия схватов с объектами манипулирования).

Механические схваты используют в конструктивных вариантах со штоковыми и консольными зажимами. Штоковыми зажимами снабжены схваты (рис. 6.3.3, *а*), предназначенные для работы с гольем и полуфабрикатом после дубления: двумя схватами должен удерживаться и перемещаться полуфабрикат достаточно большой массы (до 60 кг). Край объекта манипулирования *7* зажимается в зазоре между коническим концом штока *6* и стенкой отверстия кронштейна *8*, который жестко соединен с корпусом *3* схвата. Перемещает шток *6* гидроцилиндр *5*, рабочая полость которого соединена гибким шлангом *2* с насосной станцией. Переключение режима работы гидроцилиндра выполняют поворотом рычага управления *1*. Корпус схвата связан с устройством для его перемещения цепью *4*.

У схватов с консольными зажимами, входящими в состав двухцепных загрузочно-разгрузочных устройств (рис. 6.3.3, *б*), смыкание верхнего *1* и нижнего *9* зажимов осуществляется пружиной *5*. Зажимы раскрываются при огибании цепью звездочки *7*. В этот период пластина *4* поворачивается относительно корпусной пластины *6*, жестко связанной с зажимом *9* и пальцем *3*, входящим в паз *2* зажима *1*, открывает зажим, поворачивая его относительно оси *8*.

Необходимая для удержания полуфабриката сила N смыкания зажимов механических схватов существенно зависит от конструктивного оформления губок зажимов. Если обеспечиваемую схватом силу $P_с$ сопротивления смещению материала относительно зажимов выразить как $P_с = æN$ (где æ коэффициент сцепления материала с поверхностью зажимов), то определенные при взаимодействии

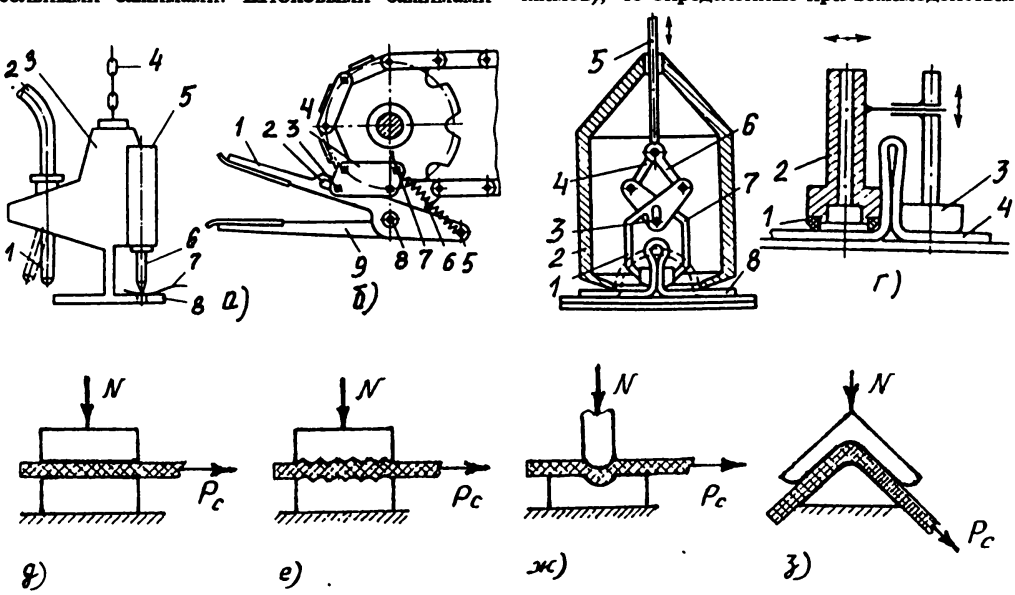


Рис. 6.3.3. Захватные устройства:
а, *б* - механические схваты; *в*, *г* - вакуумные схваты комбинированного действия;
д - *з* - варианты конструктивного оформления зажимов схватов

с кожевенным гольем значения æ для вариантов, приведенных на рис. 6.3.3, *д* - *з*, конструктивного оформления зажимов будут равны соответственно 0,5, 0,8, 1,15, 2,8. Для мехового голья значения æ на 30 ÷ 50 % выше указанных при сохранении примерно такого же соотношения их значений для соответствующих моделей зажимов. Расчетное значение силы N, необходимое для расчета гидро- или пневмоцилиндров, пружин и других исполнительных элементов смыкания зажимов, находится по расчетной силе удержания:

$$N_p = P_p / æ.$$

Вакуумные схваты обеспечивают захват полуфабриката только при создании разрежения в их полости или путем комбинированного воздействия (разрежении и механических зажимов).

В комбинированном вакуумном схвате клещевого типа (рис. 6.3.3, *в*) куполообразный участок материала *8*, втянутый в полость корпуса *2* схвата под действием созданного в нем разрежения, захватывается зажимами *1* и *7*, каждый из которых поворачивается относительно жестко соединенной с корпусом *2* оси *3* при подъеме тяги *5* и шарнирно соединенных с ней и зажимами шатунов *4* и *6*.

В схвате с неподвижным упором (рис. 6.3.3, *г*) зажимаемая складка материала образуется путем подсасывания полуфабриката *4* к поверхности вакуумной головки *2*, последующего вертикального (на несколько миллиметров) перемещения головки и ее движения в сторону неподвижного упора *3*. Для увеличения трения между поверхностью вакуумной головки и полуфабрикатом и уменьшения подсоса воздуха в зоне их контакта на рабочей поверхности головки установлено резиновое кольцо *1*.

Разрежение в полости схвата, необходимое для фиксации на его поверхности полуфабриката с силой P_p,

$$\Delta p = P_p / nS_0,$$

где n - число схватов; S_0 - площадь отверстия (или отверстий) рабочей поверхности схвата, м^2.

Отсасываемый из полости схвата расход воздуха, кг / с,

$$G = \frac{\Delta p S_0}{\lambda} + Lm\delta\mu\sqrt{2\rho\Delta p},$$

где первое слагаемое соответствует расходу воздуха, проходящему сквозь материал и определяемому коэффициентом фильтрации λ (табл. 6.3.1), Па·м^2·с/кг; а второе - по поверхности контакта схвата с материалом; L - периметр рабочей части (чаши) схвата, м; ρ - плотность воздуха, кг/м^3; m - пористость системы каналов, образованных впадинами поверхности материала; δ - глубина впадин, м; μ - коэффициент расхода; при $\delta \le 0{,}1$ мм $\mu = 0{,}7 \div 0{,}9$.

6.3.1. Коэффициенты фильтрации воздуха через кожевенный полуфабрикат[1], находящийся в воздушно-сухом состоянии

Тип кожи	Тип покрытия	λ, МПа·м^2·с/кг
Юфть обувная	Акрил-казеиновое	7,75÷9,71
Яловка	Акрил-нитро	6,21÷6,67
Бычина	То же	5,18÷5,46
Козлина	"	4,44÷4,78
Выросток (вороток)	"	2,41÷2,65
Выросток (полы)	"	1,87÷2,42
Свиная	Акрил-казеиновое	1,21÷1,36
Яловка	Без покрытия	0,35÷0,39
Опоек	То же	0,23÷0,25
Свиная	"	0,17÷0,19
Замша	"	0,041÷0,050

[1] Подошвенные кожи могут считаться воздухонепроницаемыми ($\lambda \approx \infty$).

Воздухопроницаемость кож (кроме подошвенных) затрудняет их одиночное отделение от стопки с помощью вакуумных схватов. Для надежного выполнения этой операции ее целесообразно осуществлять при наличии зазора h между поверхностями схвата и полуфабриката (рис. 6.3.4, *а*).

Развиваемая в этом случае сила, Н,

$$P = \Delta p_п S,$$

где $\Delta p_п$ - средние потери давления в зазоре, Па; S - полная площадь рабочей поверхности схватов.

Сила P_p должна в k раз превышать вес кожи или ее подсасываемого участка.

Требуемый расход воздуха

$$G = S_0\sqrt{\frac{2\Delta p_п \rho}{\zeta}},$$

где коэффициент сопротивления $\zeta = \frac{\zeta_1}{\varepsilon^2} + \zeta_2$.

Здесь $\varepsilon = S_1 / S_0$ - отношение площади щели, образованной наружным контуром рабочей поверхности схвата и поверхностью подсасываемого объекта к площади отверстий схвата; ζ_1 и ζ_2 - опытные коэффициенты (табл. 6.3.2).

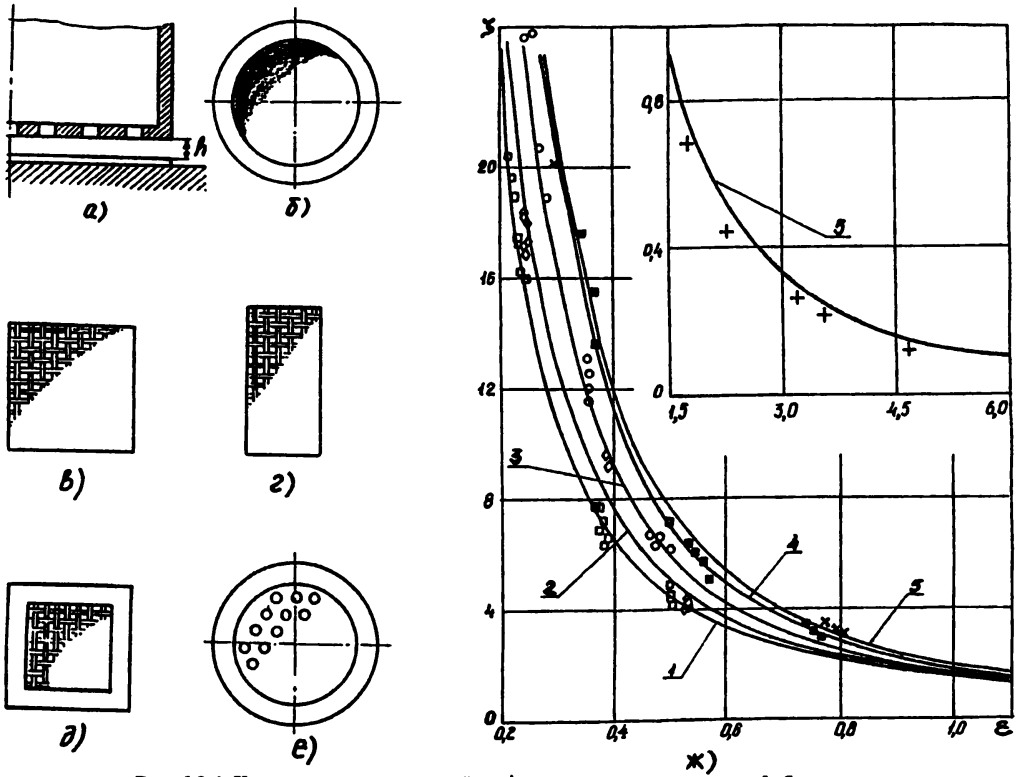


Рис. 6.3.4. Характеристики взаимодействия вакуумных схватов с полуфабрикатом:
а - схема захвата плоского объекта; *б* - *е* - модификации рабочих поверхностей схватов;
ж - расчетные зависимости коэффициента ζ от ε и опытные данные рассматриваемых модификаций рабочих поверхностей:
1 - *в* (□); 2 - *г* (◇); 3 - *б* (○); 4 - *д* (▭); 5 - *е*; + - $f = 0{,}084$; × - $f = 0{,}382$

6.3.2. Значения коэффициентов ζ_1 и ζ_2 для различных моделей вакуумных схватов

Коэффициент	Модель рабочей поверхности схвата (рис. 6.3.4)				
	б	*в*	*г*	*д*	*е**
ζ_1	1,53	0,914	1,08	1,83	1,91
ζ_2	0,107	0,743	0,720	0,0667	0,09

* Исследования проведены для двух значений коэффициента перфорации f (рис. 6.3.4, *ж*), равного отношению площадей отверстий и перфорированной пластины схвата.

Для практического расчета величины G удобно использовать диаграммы, представленные на рис. 6.3.4, *ж*.

6.3.2. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОЖЕВЕННОГО ПОЛУФАБРИКАТА

Механизированные участки мездрения шкур. В зависимости от требуемой производительности они могут включать одну или две мездрильные машины.

При использовании одной мездрильной машины (рис. 6.3.5, *а*) шкура подается с поддона *11* на конвейер *10* и в корыто *9* с помощью подвешенных на цепях *3* механических схватов *12*, принадлежащих одному из двух перемещающихся вдоль направляющей *1* тельферов *2*. При обработке на машине *8* первой половины шкуры выполняется ее кантовка сдвоенным цепным конвейером *5*. Каретка *4* конвейера перемещается вдоль направляющей *6*, укладывая обработанные шкуры в стопку на тележку *7*. Участок обслуживают пять рабочих. Производительность участка 100 ÷ 400 шт./ч.

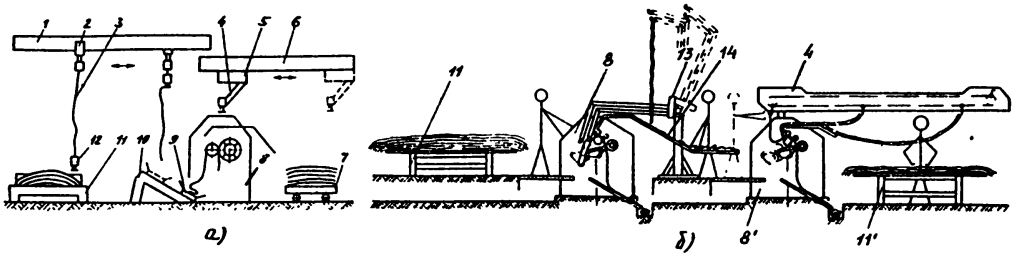


Рис. 6.3.5. Участок мездрения шкур с применением:
а - загрузочных тельферов и кантователя в виде сдвоенного цепного конвейера;
б - рычажного манипулятора и двухцепного конвейера

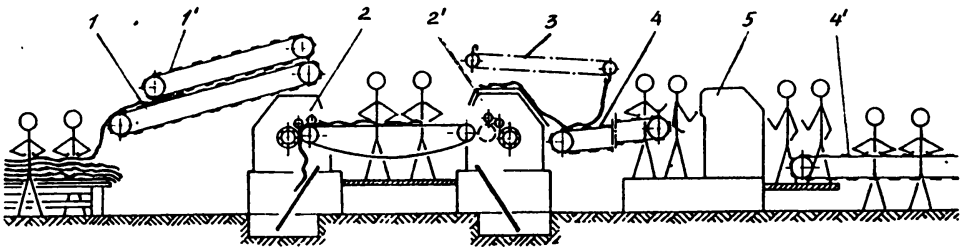


Рис. 6.3.6. Линия для мездрения, двоения, клеймения и сортировки голья

На участке с использованием двух мездрильных машин обработка шкур производится последовательно по половинкам (рис. 6.3.5, *б*). Вспомогательные операции выполняются с помощью рычажного манипулятора *13* и двухцепного конвейера *4* с установленными на нем крючками. Шкуры с поддона *11* вручную подают в мездрильную машину *8*. Концы необработанной части закрепляют в зажимах манипулятора *13*. При выходе полуфабриката из машины рычаги манипулятора поднимаются, поворачиваясь относительно горизонтальной оси. Поднятая шкура переворачивается и перемещается в зону загрузки мездрильной машины *8'* (сначала в результате поворота рычагов манипулятора относительно горизонтальной оси, а после освобождения шкуры захватами - под действием силы тяжести по лотку *14*). Полуфабрикат располагается на выходной горизонтальной части лотка *14* вверх необработанной поверхностью. После подачи необработанной части полуфабриката в машину *8'* рабочий подвешивает шкуру за лапы обработанной половины на крючки конвейера *4*. Конвейер перемещает полуфабрикат к поддону *11* 'и складывается в стопку. Одновременно выполняется обрядка шкур.

В зависимости от массы объектов обработки производительность линии составляет до 300 шт./ч. Число рабочих, обслуживающих участок, четыре.

Механизированная линия обработки голья. Необходимость операции кантовки полуфабриката при переходе его от одной мездрильной машины *2* к другой машине *2'* устранена путем установки этих машин со встречным расположением подающих валов (рис. 6.3.6). Голье для мездрения подается наклонными ленточными конвейерами: широким нижним *1* и узким верхним *1'*. Для лучшего удержания голья на лентах обоих конвейеров имеются поперечные планки. Верхний конвейер может приподниматься относительно нижнего с помощью пневмоцилиндров.

Мездрильные машины *2* и *2'* соединены транспортирующей лентой, огибающей подающие валы этих машин. Верхняя ветвь ленты поддерживается снизу горизонтальным опорным столом, нижняя провисает, смягчая колебания натяжения ленты при изменении нагрузки и направления движения.

Для перемещения полуфабриката от второй мездрильной машины к двоильно-ленточной *5* используют двухцепной крючковый *3* и ленточный *4* конвейеры. Для вывода лицевого и бахтармяного спилка после двоения голья служит ленточный конвейер *4'*.

После окончания обработки первой половины полуфабриката на машине *2* ее подающий вал возвращается в исходное положение, а подающий вал машины *2'* перемещает голье к ножевому валу для мездрения необработанной половины. Во время обработки голья на мездрильной машине *2'* свободная огузочная часть подвешивается на крючки конвейера *3*, который по мере выхода голья из машины

2' поднимает его, переносит через зону этой машины и складывает на конвейер *4*, подающий голье к двоильно-ленточной машине *5*. На конвейере *4* проводится обрядка и маркировка голья. Машина *5* имеет устройство, облегчающее ввод и вывод полуфабриката при двоении, а также дистанционное управление скоростью перемещения и толщиной спилка. Двоильно-ленточную машину обслуживают четверо рабочих. Лицевой и бахтармяный спилки выводятся из машины конвейером *4'* и укладываются рабочими на поддоны или козелки.

Производительность линии зависит от развеса сырья и составляет: для голья средних развесов 240 шт./ч, для голья тяжелых развесов 160 шт./ч. Продолжительность обработки единицы полуфабриката 1,5 - 3 мин. Линию обслуживают 10 - 12 рабочих.

6.3.3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ОТДЕЛОЧНЫХ ЦЕХОВ

Участки и линии отделки кож для низа обуви. В них используется проходное оборудование для завершающих стадий технологического процесса.

Автоматизированный участок прокатки кож предназначен для последовательной обработки чепраков в продольном и поперечном направлениях на проходных подошвенных катках *2* и *4* (рис. 6.3.7). Для загрузки-разгрузки катков использованы универсальные манипуляторы *1* и *5* с вакуумными схватами, взаимодействующими с чепраками на тележках *6*. Между катками установлено транспортно-ориентирующее устройство 3, поворачивающее объект обработки в плоскости его транспортировки на 90 °.

Автоматизированная линия сушки и отделки чепраков обеспечивает последовательное выполнение операций подвялки, разводки, сушки и увлажнения кож, их прокатки вдоль и поперек хребтовой линии, измерения площади и толщины, а также сортировку готовой продукции (рис. 6.3.8). Линия содержит сушилку *4*, разводную машину *11*, сушильно-увлажняющую установку *18*, подошвенные катки *24* и *26*, оборудованную кантователем установку *27* осмотра кож, измерительную машину *28*, сортировочный автомат *29*, упаковочный автомат *30*. Загрузка-разгрузка объектов обработки проводится универсальными манипуляторами *2*, *7*, *10*, *12*, *15*, *20*, *23* с использованием тележек *1*, *8*, *9*, *13*, *14*, *21*, *22*. Подача чепраков к зажимам двухцепных конвейеров *5* и *17*, принадлежащих установкам *4* и *18*, осуществляется специализированными маятниковыми манипуляторами *3* и *16*, а раз-

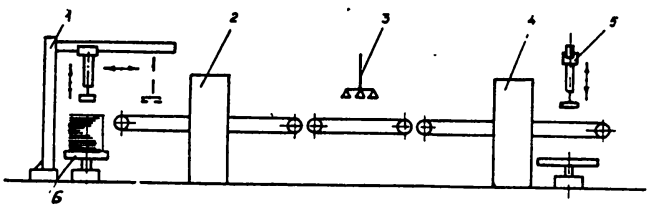


Рис. 6.3.7. Участок прокатки кож

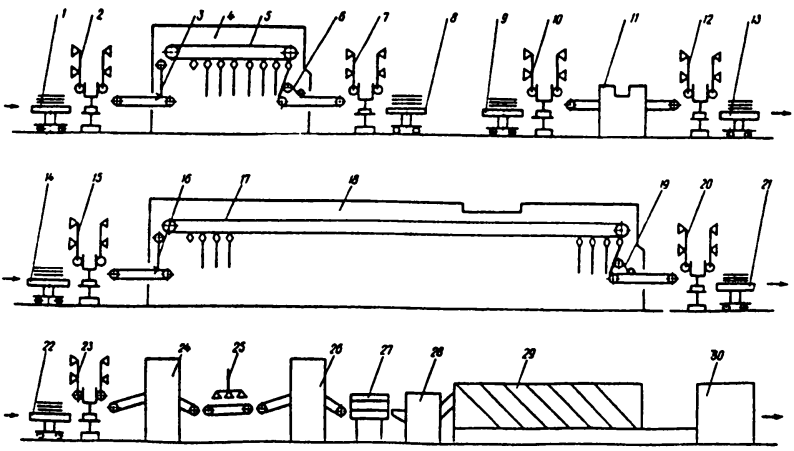


Рис. 6.3.8. Линия сушки и отделки чепраков

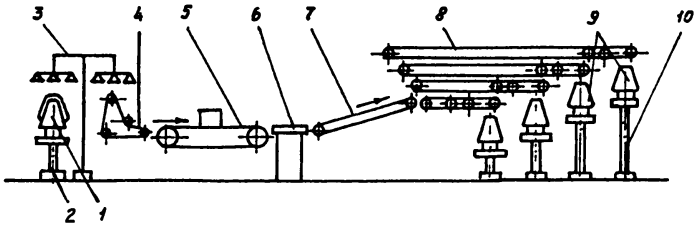


Рис. 6.3.9. Участок измерения и сортировки кож

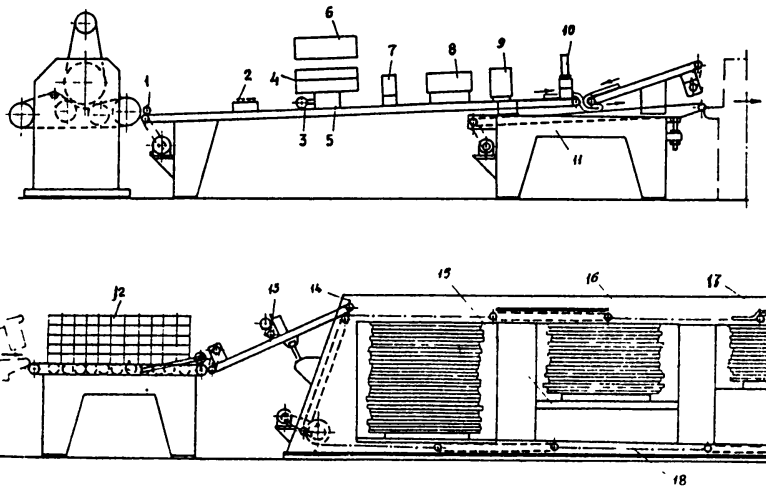


Рис. 6.3.10. Линия автоматической сортировки кож хромового дубления

грузка этих установок - с использованием переориентирующих (из вертикального положения в горизонтальное) устройств *6* и *19*. Разворот объекта обработки между катками *24* и *26* выполняется ориентирующим устройством *25*.

Участки и линии отделки кож для верха обуви, производства одежды и изделий кожгалантереи. Они компонуются по поточному принципу, но отличаются от рассмотренных выше агрегатируемым технологическим оборудованием и используемыми устройствами автоматизации вспомогательных операций.

Автоматизированный участок увлажнения и тяжки кож включает последовательно соединенные увлажнительную и тянульно-мягчильную машины и специализированный разгрузочный укладчик для стапелирования кож на козелок. Подачу объекта обработки в машину проводят вручную.

Автоматизированный участок измерения и сортировки кож предусматривает автоматическое выполнение всех вспомогательных операций (рис. 6.3.9). Кожи подаются к измерительной машине *5* с находящегося на подъемнике *2* козелка *1* посредством загрузочного укладчика *3* и ориентирующего устройства *4*. На столе *6* сортировщик определяет сорт кожи и нажимает соответствующую (одну из четырех) кнопку, задавая этим уровень выходной части распределительного конвейера *7*. С помощью одного из четырех разгрузочных укладчиков *8* кожа стапелируется на козелок, предназначенный для кож данного сорта. По мере увеличения стопки козелки *9* опускаются устройствами *10*.

На линии автоматической сортировки кож хромового дубления осуществляются контроль, сортировка и подготовка к складированию кож с вводом соответствующей информации в центральный процессор предприятия (рис. 6.3.10). В подобных комплексах при сортировке кож и меховых шкурок определяются их сорт, площадь, толщина и другие показатели и комплектуются партии готовой продукции. Одновременно проводится дифференцированный учет готовой продукции по виду, цвету, толщине и пр. Линия содержит валковую приемную пару *1*, пост *2* адресования (в соответствии с сортом) кож, контактный роликовый измеритель *3* толщины (в двух точках по ширине), микропроцессорный блок *4* с устройством печати по ленте, фотоэлектрический измеритель *5* площади кожи, циф-

ровой индикатор *6*, термопленочное клеймильное устройство *7*, устройство печати *8* для выдачи результатов сортировки в виде протоколов и сводок, устройство *9* печати для изготовления сопроводительных ярлыков на выдаваемые партии отсортированных кож, перфоклеймильное устройство *10* для нанесения маркировки на кожи, установки *11* и *12* для переворачивания или складывания кож пополам, роликовый нож *13* для разрезания кож на две половины, многопозиционный укладчик *14* с подъемными платформами *15* и транспортирующим устройством *16*. Транспортирующее устройство *16* состоит из ряда коротких ленточных конвейеров *17*, служащих площадками для перемещаемых кож и связанных общей цепью *18*. Укладка кожи в назначенный штабель осуществляется путем обратного перемещения ленты конвейера *17*. После набора в сортировочной ячейке заданного числа кож оператору подается сигнал и партия кож выгружается.

6.3.4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И КОМПЛЕКСАМИ

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) кожевенного и мехового производства выполняет информационные и управляющие функции. АСУ ТП состоит из ряда относительно самостоятельных подсистем и строится по иерархическому принципу. Нижний уровень представлен средствами локальной автоматики, осуществляющими управление отдельными машинами или агрегатами. К среднему уровню относятся средства управления отдельными участками производства, осуществляющие на базе использования вычислительной техники сбор и обработку информации, ее контроль и формирование управляющих воздействий. Верхнему уровню соответствует комплекс средств, обеспечивающих решение взаимосвязанных задач управления, которые включают вопросы диспетчеризации, обработки отчетно-учетных документов, связь с АСУ более высокого уровня.

Автоматизированная система управления производством (АСУП) кожевенного завода (рис. 6.3.11). Ее можно рассматривать как АСУ ТП верхнего уровня. Для централизованного управления и сбора информации использована вычислительная машина (процессор) с различными периферийными устройствами. Для накопления информации служит накопитель на магнитных дисках. Информация выводится на быстродействующие алфавитно-цифровые печатающие устройства. Для ввода данных используют устройства с гибкими программоносителями. Подключение датчиков к процессору и поступление к нему сигналов от оборудования производятся через специальные устройства связи с технологическими объектами. Относящиеся к подсистемам (терминалам) периферийные вводные и выводные устройства размещают в соответствии с организацией управления производством, причем обеспечивают вывод информации в определенных пунктах управления (кабинеты мастеров, диспетчеров и т.д.) и ввод информации в местах ее возникновения.

Управление подготовкой производства базируется на учете количества сырья, дубленного полуфабриката и готовой продукции. Вычислительная машина по запросу выдает информацию о наличии на складе готовой продукции или материалов для получения данного вида кож. Выдается информация о загрузке оборудования, т.е. об окончании работ на каждом участке производстве и готовности к выполнению очередного задания.

Системой контролируется прохождение партий и учитывается продолжительность их обработки на каждом участке производства. Выполнение всех операций протоколируется. Оператор получает информацию о любых нарушениях процесса, неисправностях отдельных устройств, которые также фиксируются в протоколе. Протоколы служат для анализа процессов и принятия мер по устранению и предупреждению их нарушений. Визуальный контроль хода технологических процессов производят по световому табло (станция индикации данных).

Подсистема управления жидкостными процессами АСУП кожевенного производства. Она может быть использована для участков, оснащенных как подвесными барабанами, так и аппаратами с наклонной осью. Микропроцессорный комплекс технических средств АСУП включает установленные у технологических аппаратов (по одному на барабан) микропроцессорные контроллеры, смонтированные на щите щитовой автоматики (отдельно для каждого из жидкостных процессов), контроллеры водосмесительных установок, находящиеся в диспетчерском пункте вычислительные комплексы. Вычислительные комплексы снабжены видеотерминалами, печатающими устройствами и центральными блоками (процессор, запоминающее устройство на магнитных дисках и пр.).

Программа функционирования передается контроллерам барабанов от соответствующих вычислительных комплексов диспетчерского пункта до начала обработки партии полуфабриката. Контроль процессов, пуск и корректировка программы выполняются оператором щитовой автоматики, который использует для этой цели снабженный мнемосхемой щит управления, видеотерминал и печатающее устройство. Кроме отработки функций управления вычислительные комплексы формируют сводки о работе барабанов и отделения в целом.

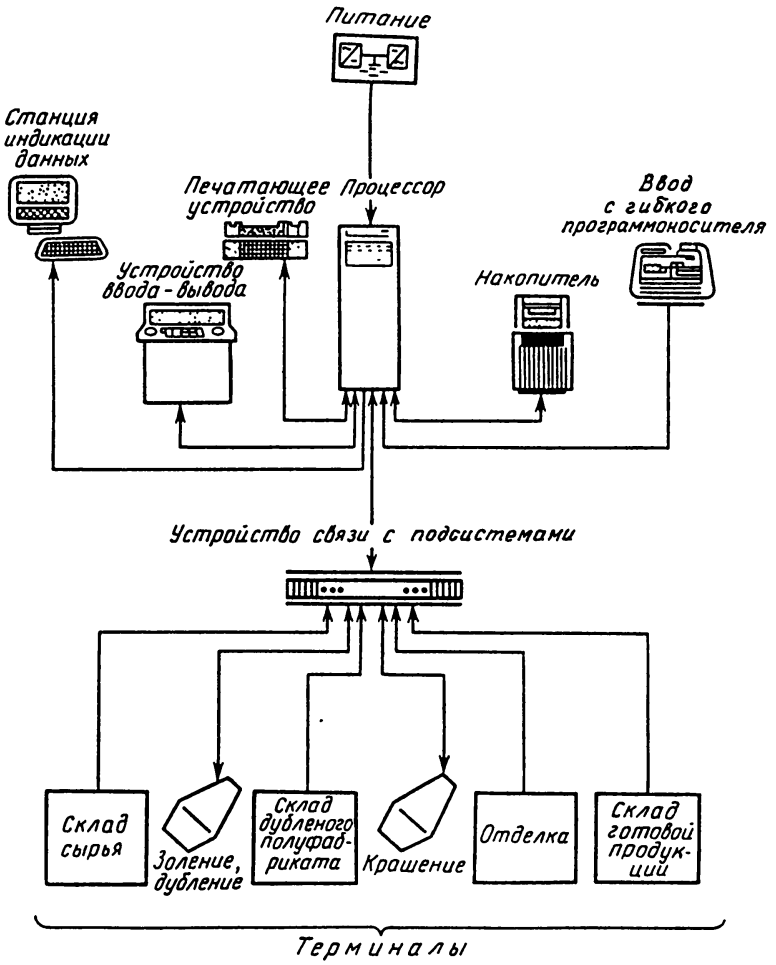


Рис. 6.3.11. Схема автоматизированной системы управления производством кожевенного завода

Нижний уровень АСУ технологических комплексов жидкостной обработки представлен системами управления технологическими аппаратами (подвесными барабанами, аппаратами с наклонной осью и др.) и системами подготовки химических растворов.

Система приготовления, дозирования и подачи химических растворов проводит подготовку (смешение компонентов с обеспечением заданной температуры) и дозирование химических растворов. Параметры процесса задаются микроЭВМ, снабженной печатающим устройством. Химические реагенты насосами подаются в бункер дозатора. Туда же поступает холодная и горячая вода. Бункер оснащен мешалкой, клапаном грубого дозирования, клапаном точного дозирования, датчиками массы и уровня раствора, а также устройствами (клапаном и форсункой) для подачи воды с целью промывки весового блока. Ход операций и основные параметры процесса (масса партии полуфабриката, норма расхода химических реагентов и их масса, масса раствора в дозаторе, время перемешивания и время промывки) индуцируются на панели управления микроЭВМ.

Системы управления технологическими аппаратами обеспечивают программное управление во времени всеми операциями, связанными с обработкой полуфабриката на этих аппаратах, программируют периодичность и направление вращения корпуса аппарата, выполнение слива рабочей жидкости и подачи заданных порций химических растворов и воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Айзенберг Л. Г., Кипнис А. Б., Стороженко Ю. И.** Автоматизация производственных процессов и АСУ в легкой промышленности. М.: Легпромбытиздат, 1989. 304 с.

2. **Большаков П. А., Баканов Н. И.** Справочник по ремонту, наладке и эксплуатации оборудования кожевенной промышленности. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 264 с.

3. **Большаков П. А., Виницкий Д. Б., Колейкин В. С.** Справочник кожевника (оборудование). М.: Легпромбытиздат, 1989. 312 с.

4. **Брагинский М. А.** Робототехнические средства в кожевенном производстве. М.: Легпромбытиздат, 1989. 128 с.

5. **Бурмистров А. Г., Давыдов А. П., Гойфман В. Г.** Основные направления использования робототехнических средств в легкой промышленности. М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1989. 156 с.

6. **Бурмистров А. Г., Лысенко В. С.** Исследование потерь на трение качения при взаимодействии транспортирующих валов кожевенно-меховых машин // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. № 3, 4. С. 91 - 95, 116 - 119.

7. **Буянов А. А., Свищев Г. А., Уманский Г. И.** Аспирационные и пылеуборочные установки обувных и кожгалантерейных предприятий. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 220 с.

8. **Васильев С. С., Карамышкин В. В., Белокуров В. Н.** Аналитическое описание свойств натуральной кожи при ее сжатии в статическом режиме // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1988. № 4. С. 66 - 70.

9. **Вынужденные** изгибные колебания ножевого и прижимного валов строгальной машины / В. И. Галаев и др. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1985. № 3. С. 128 - 135.

10. **Гойфман Б. Г., Кочеров А. В.** Автоматизация технологических процессов меховой промышленности. М.: Легкая индустрия, 1979. 144 с.

11. **Зайцев Б. В.** О процессе захвата плоских объектов вакуумным инструментом средств робототехники // Кожевенно-обувная промышленность. 1982. № 1. С. 40 - 41.

12. **Кайайдаров Б. А., Сивченко Н. А., Инкаров Б. Г.** Удельное давление при прокатке кож для низа обуви валками // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1984. № 4. С. 113 - 119.

13. **Майзель М. М., Квяткевич И. К., Пин Л. Г.** Машины и аппараты кожевенного и мехового производства. М.: Гизлегпром, 1950. 590 с.

14. **Оборудование** предприятий меховой промышленности: Справочник / Под ред. Б. Г. Гойфмана. М.: Легпромбытиздат, 1991. 320 с.

15. **Оборудование** предприятий по производству кожи и меха. Учебник для вузов / А. Г. Бурмистров, Б. В. Зайцев, А. И. Морозов, В. В. Жуков. М.: Машиностроение, 1981. 416 с.

16. **Отделка кож** / Под ред. И. П. Страхова. М.: Легпромбытиздат, 1983. 360 с.

17. **Хавкин В. П., Вышеславцев Г. Г.** Роботизация технологического оборудования легкой промышленности. М.: Легпромбытиздат, 1987. 224 с.

18. **Шахет Г. П.** Оборудование и механизация меховых фабрик. М.: Легкая индустрия, 1978. 485 с.

19. **Электронные** измерительные машины в легкой промышленности / М. А. Брагинский, П. А. Большаков, В. В. Солдатов и др. / Под ред. П. А. Большакова. М.: Легпромбытиздат, 1988. 168 с.

РАЗДЕЛ 7

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ

Оборудование подготовки исходных материалов для производства полимерных пленочных материалов (ППМ) и искусственной кожи (ИК) является в значительной степени общим для многих производств, выпускающих обувные и технические резины, мягкие искусственные кожи на тканевых и нетканевых волокнистых основах, обработанных полимерными составами, обувные, галантерейные и технические картоны, полимерные пленочные материалы. Практически в каждом производстве используется формующее оборудование, принцип действия и конструкция которого определяется спецификой выпускаемого материала. В то же время основные технологические участки производства мягкой ИК и картонов в значительной степени оснащены специфическим технологическим оборудованием, отсутствующим в других производствах.

Глава 7.1

ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛОВ

Функции оборудования подготовительных участков производств ИК и ППМ остаются практически постоянными независимо от вида выпускаемой продукции и сводятся как к обеспечению требуемого гранулометрического состава и достижения требуемой влажности основных исходных материалов и вводимых в них добавок (пластификаторов, красителей, противостарителей, наполнителей, стабилизаторов и т.д.), так и к смешению этих компонентов в соответствии с заданной рецептурой дозировкой.

7.1.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Конструкция и принцип действия этого оборудования в значительной степени зависят от механических свойств перерабатываемого материала, размеров его кусков перед измельчением и после него. В зависимости от размеров поступающего материала и готового продукта измельчение может быть крупным (размер уменьшается от 1500 ÷ 150 до 250 ÷ 25 мм), средним (от 160 ÷ 25 до 25 ÷ 5 мм), мелким (от 25 ÷ 5 до 5 ÷ 1 мм), тонким (от 5 ÷ 1 до 1 ÷ 0,075 мм) и коллоидным (от 0,2 ÷ 0,1 до 10^{-4} мм). В большинстве случаев крупное и среднее измельчение проводят сухим методом, коллоидное - мокрым (в жидкой среде), а мелкое и тонкое - тем и другим методом.

По структуре обрабатываемого продукта и характеру развития напряжений при его разрушении могут быть выделены упругопластичные, хрупкие и волокнистые материалы. В зависимости от разрушающего напряжения при сжатии $\sigma_р$ они характеризуются низкой (до 10 МПа), средней (10 ÷ 50 МПа) и высокой (более 50 МПа) механической прочностью. Эти факторы определяют выбор типа оборудования, обеспечивающего измельчение материала за счет того или иного механического воздействия (удар, резание, истирание) или комбинации воздействий (табл. 7.1.1).

Режущее оборудование. Для измельчения полимерных материалов используют установки как с поступательным, так с вращательным движением рабочих органов. В первом случае для предварительного измельчения поступающих в кипах исходных материалов устанавливают гильотинные ножи (для резки каучука) или гильотинные тряпкорубки. Во втором случае измельчение проводится при взаимодействии с материалом ножей ротора и ножей (двух или одного), закрепленных на внутренней поверхности корпуса установки. При измельчении листового материала (или полос) на установках - дайсерах, оснащенных дополнительно дисковыми ножами для продольной резки материала (рис. 7.1.1, *а*), получаемый продукт имеет форму гранул 2 ÷ 25 мм. На дайсерах измельчают материал толщиной до 3 мм и шириной 60 ÷ 500 мм. При производительности 40 ÷ 7500 кг/ч мощность привода машин 3 ÷ 125 кВт.

Измельчение повторно используемых отходов производства полимерных изделий выполняется ножевыми дробилками (рис. 7.1.1, *б*). Готовый продукт в виде частиц неправильной формы выгружается из дробилки после сетки *12*, расположенной в нижней части камеры установки и занимающей 35 ÷ 50 % ее цилиндрической поверхности. Размеры отверстий сетки 1 ÷ 15 мм.

Предварительное измельчение кожевенных отходов (кожа таннидного дубления, хромовая стружка) проводится на роторных измельчителях, конструктивно аналогичных ножевым дробилкам. Измельчение выполняется в водной среде при концентрации материала не более 4 %.

7.1.1. Характеристика оборудования для измельчения материалов

Оборудование	Измельчающее воздействие	Размеры частиц материала, мм		Производительность, т/ч	Расход энергии на 1 т продукта, МДж
		На входе	На выходе		
Ножевые дробилки	Резание	Толщина до 200, длина не ограничена	1 ÷ 15	0,02 ÷ 3	$(1,87\div5,55)10^2$
Бисерные мельницы	Истирание	1 ÷ 2	$(5 \div 15)10^{-3}$	0,03 ÷ 1	$(1,14\div46)10^2$
Молотковые дробилки	Удар и истирание	0,8 ÷ 1000	0,045 ÷ 50	0,05 ÷ 400	2,6 ÷ 530
Вибрационные мельницы		1 ÷ 2	$(1 \div 20)10^{-3}$	0,002 ÷ 0,75	$(1,08\div288)10^2$
Струйные мельницы		0,1 ÷ 15	$(1 \div 3)10^{-2}$	0,1 ÷ 10	$(1,8\div80)10^2$
Конические мельницы	Резание и истирание	1 ÷ 50	Максимальная длина волокна 6÷12	0,3 ÷ 2 (в сухом волокне)	$(13\div32)10^2$
Дисковые мельницы		1 ÷ 50	То же; гранулы 0,6 ÷ 1 (при сухом размоле)	0,07 ÷ 0,5 (по сухому продукту)	$(2,2\div7,5)10^2$

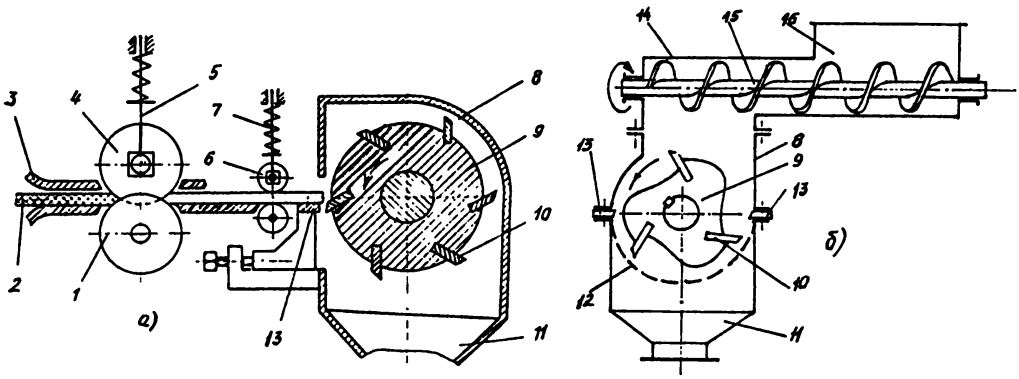


Рис. 7.1.1. Оборудование для измельчения полимерных материалов резанием:
а - установка (дайсер) для резки листов на гранулы; *б* - ножевая дробилка со шнековым питателем; *1, 4* - дисковые ножи; *2* - разрезаемый материал; *3* - направляющие; *5* - подпружиненная опора ножа *4*; *6* - транспортирующие ролики; *7* - прижимная пружина; *8* - корпус установки; *9* - ротор; *10* - ножи ротора; *11* - разгрузочная воронка; *12* - сетка; *13* - неподвижные ножи; *14* - корпус питателя; *15* - шнек; *16* - загрузочный патрубок

Оборудование для измельчения хрупких материалов. Разрушение частиц поступающего продукта от размера D до размера d происходит путем многократного удара и истирания.

Если производительность установки G (по массе), плотность измельчаемого материала ρ, модуль его упругости E, а предел прочности на сжатие σ_p, то мощность, затрачиваемая на его разрушение с объемной степенью измельчения a, равной отношению объемов частиц материала до и после обработки,

$$W = \frac{\sigma_p^2 G}{2E\rho}\frac{\lg a}{\lg a_0},$$

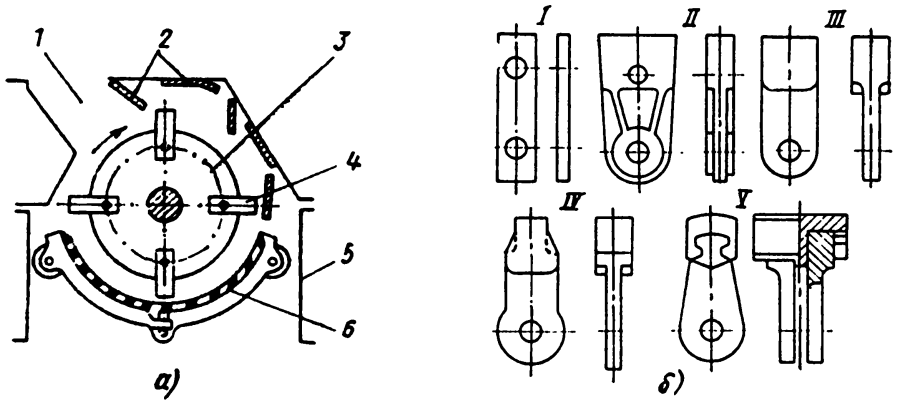


Рис. 7.1.2. Молотковая дробилка:
а - схема; *б* - варианты конструктивного оформления молотков;
1 - загрузочный патрубок; *2* - отбойные (броневые) плиты; *3* - ротор; *4* - била; *5* - корпус;
6 - колосниковая решетка; *I* - легкие условия работы; *II* - для измельчения крупных кусков;
III - *V* для интенсивного перетирания на колосниковой решетке

где a_0 - объемная степень однократного разрушения.

При $a_0 = 2$ максимальная мощность

$$W_{max} = 1{,}66\frac{\sigma_p^2 G}{E\rho}\lg a.$$

Эффект удара и истирания используется в молотковых дробилках (рис. 7.1.2), конструкция которых близка к конструкции ножевых дробилок, однако вместо подвижных ножей к ротору *3* шарнирно присоединены била *4*. Измельчение материала происходит между краевой поверхностью бил, рифлением броневых плит и колосниками решетки *6* днища корпуса. Дробилка используется для непрерывного тонкого измельчения полимерных материалов с низкой температурой размягчения, мягких минералов, а иногда и волокнистых материалов.

Объемная производительность молотковых дробилок ($м^3$/ч) ориентировочно рассчитывается по формулам:

при $D_р > L_р$

$$Q = 100\, D_р^2 L_р n;$$

при $D_р < L_р$

$$Q = 100\, D_р L_р^2 n;$$

где $D_р$ и $L_р$ - соответственно диаметр и длина ротора; n - частота вращения, $мин^{-1}$.

Мощность привода (кВт)

$$W = (0{,}1 \div 0{,}15)\, G\, i,$$

где i - степень измельчения (отношение D / d размеров кусков материала до измельчения и после него); G - производительность по массе, т/ч.

Ударно-истирающее воздействие используется для тонкого измельчения хрупких материалов в вибрационных мельницах (рис. 7.1.3, *а*). Разрушение находящегося в полости корпуса размольной камеры мельницы материала происходит с помощью стальных или фарфоровых шаров диаметром 10 ÷ 12 мм. Шары вибрируют вместе с корпусом и материалом при вращении вала с установленными на нем неуравновешенными дисками (цилиндрами с центром тяжести, смещенным относительно оси вращения). Частота вращения ($мин^{-1}$) вала

$$n > 30\sqrt{\frac{m_2}{m_1 e}},$$

где e - смещение центра масс вала с дисками относительно оси его вращения, м; m_1 и m_2 - соответственно связанная с валом неуравновешенная масса и масса колеблющихся элементов.

Измельчение мелющими телами (кремнекварцевым бисером размером 1 ÷ 2 мм или крупнозернистым износостойким песком с частицами размером 0,6 ÷ 0,8 мм), находящимися вместе с материалом в зоне переработки последнего, используется и в бисерных мельницах (рис. 7.1.3, *б*) при приготовлении красок, грунтов и тому подобных материалов. Суспензия, предварительно подготовленная из порошкообразного материала и рабочей жидкости, подается насосом в рабочий цилиндр

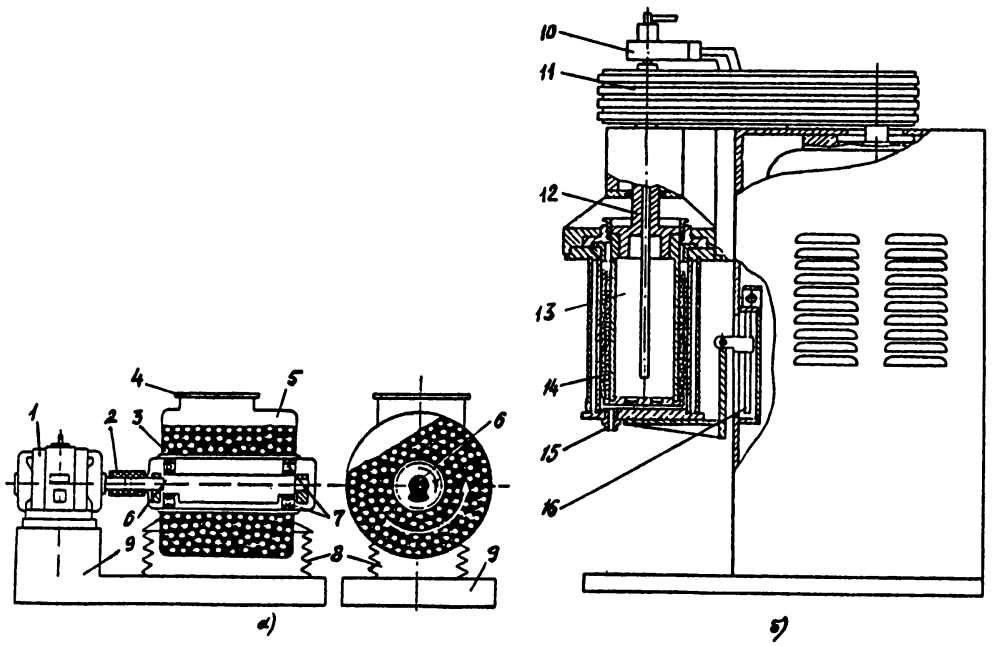


Рис. 7.1.3. Мельницы для измельчения хрупких материалов:
а - вибрационная (две проекции); *б* - бисерная;
1 - электродвигатель; *2* - соединительная муфта; *3* - мелющие шары; *4* - люк; *5* - корпус; *6, 12* - валы; *7* - подшипники; *8* - опорные пружины; *9* - основание; *10* - устройство ввода охлаждающей воды; *11* - клиноременная передача; *13* - ротор; *14* - рабочий цилиндр; *15* - штуцер ввода материала; *16* - устройство подъема корпуса размольной камеры

через штуцер *15*. Перерабатываемый продукт заполняет пространство кольцевого зазора между ротором *13* и стенками цилиндра *14*, где твердые частицы материала истираются находящимися в непрерывном движении мелющими телами. Готовый продукт удаляется через штуцер в верхней части цилиндра.

Для тонкого измельчения хрупких материалов перспективно использование струйных мельниц, принцип действия которых основан на разрушении частиц материала в результате их соударения и истирания в высокоскоростном потоке воздуха, что обеспечивает получение порошков полимерных материалов и пигментов с частицами размером порядка нескольких микрометров.

В струйных мельницах с горизонтальной размольной камерой (рис. 7.1.4, *а*) предварительно измельченный материал через штуцер *5* подается в камеру *1* через окна на периферии по касательной к внутренней ее поверхности. Поток воздуха входит под давлением до 0,7 МПа через штуцер *3* и распределительное кольцо *4* с соплами *2* в камеру *1* и циркулирует по сложным пересекающимся траекториям. Мелкие частицы измельченного в камере *1* материала увлекаются к ее центру и через сепаратор *6* - к выводному патрубку *7*. Отделенные в сепараторе более крупные частицы оседают в сборнике *8* и направляются на повторную переработку. Диаметр камеры измельчения мельниц этого типа 50 ÷ 1000 мм, производительность 0,25 ÷ 3000 кг/ч, минимальный размер частиц на выходе 0,4 ÷ 0,2 мкм.

В струйных мельницах с вертикальной трубчатой размольной камерой (рис. 7.1.4, *б*) измельчение материала происходит в камере *3*, состоящей из труб восходящего *А* и нисходящего *Б* потоков и сепарационной трубы *4*. Измельчаемый материал подается в камеру 3 через загрузочную воронку *7* инжектором *8*. Сжатый воздух под давлением 0,3 ÷ 1 МПа проходит через штуцер *9*, коллектор *1*, инжектор *8* и решетку *2* в полость камеры *3*. Измельченный материал удаляется через сетку *6* и патрубок *5*. Диаметр труб мельницы 25 ÷ 200 мм, производительность 45 ÷ 3600 кг/ч.

В противоточных двухструйных мельницах (рис. 7.1.4, *в*) измельчение происходит при соударении двух воздушных потоков с материалом в камере *2*, поступающих из разгонных трубок *3*. Сжатый воздух подводится через штуцеры *4*, а материал - с помощью шнекового конвейера *8*. Измельченные частицы осаждаются в трубу *1*, соединенную с сепаратором

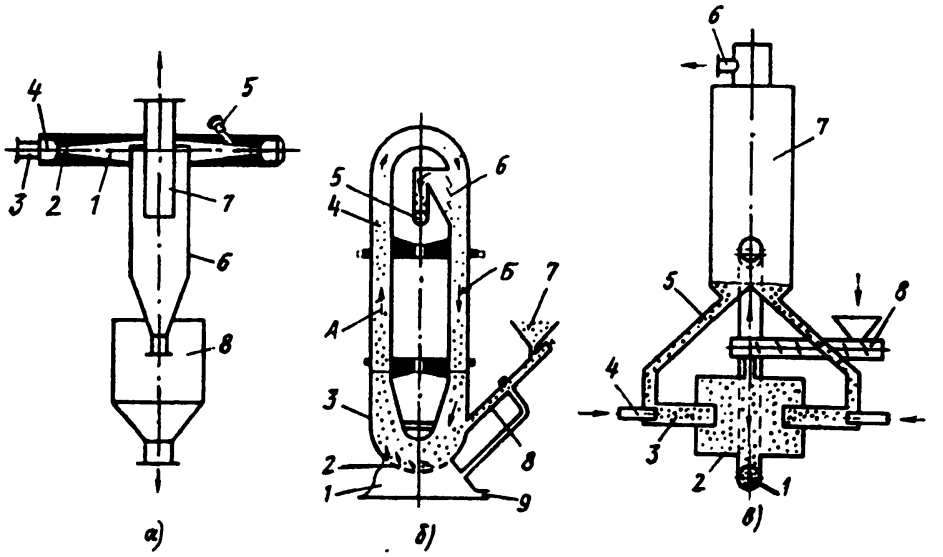


Рис. 7.1.4. Схемы струйных мельниц:
а - с горизонтальной размольной камерой;
б - с вертикальной трубчатой размольной камерой;
в - противоточная двухструйная

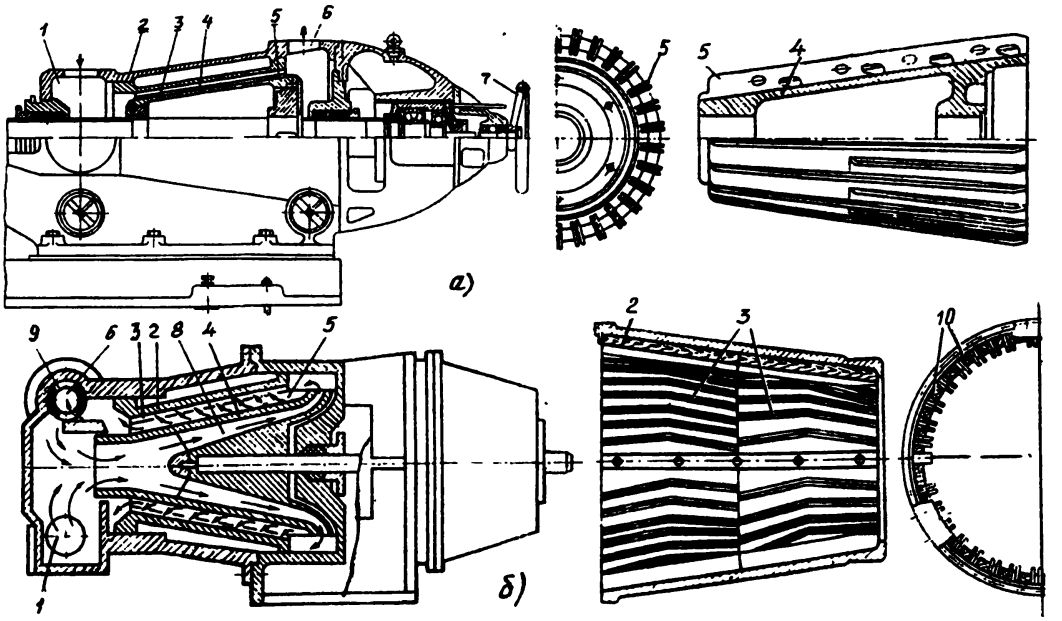


Рис. 7.1.5. Конические мельницы с выходом массы:
а - со стороны широкой части ротора; *б* - со стороны узкой части ротора;
1 - входной канал; *2* - статор; *3* - нож статора; *4* - ротор; *5* - нож ротора;
6 - выходной (разгрузочный патрубок);
7 - маховик присадочного устройства; *8* - крыльчатка; *9* - задвижка, регулирующая циркуляцию массы;
10 - деревянные клинья

7, из которого мелкие частицы удаляются через патрубок *6*, а более крупные через возвратные трубы *5* поступают на повторный размол. Производительность таких установок 30 т/ч.

Оборудование для размола волокнистых материалов (кожевенных отходов, целлюлозы, тряпья и т.п.). С материалом в водной среде (с целью подготовки массы, используемой для последующего отлива кожевенного картона) работают конические и дисковые мельницы. Материал в виде водной суспензии с концентрацией волокна 3 ÷ 6 % размалывается в зазоре между ножами ротора и статора конической мельницы (рис. 7.1.5, *а*) при перемещении материала под действием центробежных сил по спиралевидным траекториям в сторону от меньшего торца ротора к большему. Зазор между ножами регулируется с помощью присадочного устройства.

В модификации конической мельницы (рис. 7.1.5, *б*) с перемещением материала при его переработке в направлении, противоположном указанному выше, ротор *4* снабжен внутренним элементом *8*, конструктивно аналогичным крыльчатке центробежного насоса. При вращении элемент создает давление порядка 0,2 МПа у широкого торца ротора, что необходимо для преодоления действующих на материал центробежных сил.

Эффективность работы мельниц характеризуется коэффициентом размола

$$\varepsilon = \rho Q / v,$$

где Q - объемная производительность мельницы; v - скорость резания (секундная режущая длина); $v = L_p n$; n - частота вращения ротора; L_p - "режущая длина" всех ножей: длина всех скрещиваний ножей ротора и статора за один оборот; коэффициент $\varepsilon = 0{,}078 \div 0{,}11$.

Мощность, затрачиваемая на размол,

$$W = \varepsilon p S v_p,$$

где p - давление размола; S - площадь размалывающей поверхности ножей; $S = \dfrac{S_p S_c}{0{,}5\pi(D_б + D_м)L}$; S_p, S_c - площадь рабочей поверхности ножей соответственно ротора и статора; $D_б$ и $D_м$ - больший и меньший диаметры ротора; L - длина образующей конуса ротора; v_p - равновесная скорость ротора, за которую принимается скорость ротора в поперечном сечении, по обе стороны которого площади размалывающих поверхностей ножей одинаковые; $v_p = 12 \div 25$ м/с. Аналогичное механическое воздействие на измельчаемый материал наблюдается и в дисковых мельницах. Они выпускаются в модификациях с горизонтальным и вертикальным расположением вала подвижного диска.

У мельниц первой модификации закрепленный на корпусе неподвижный *6* и вращающийся *3* диски установлены вертикально и параллельно один другому (рис. 7.1.6, *а*). Такие мельницы используются для размола волокнистых материалов в водной среде с концентрацией до 35 %. В зависимости от типоразмера установки диаметры дисков 315 ÷ 1400 мм, окружная скорость подвижного диска (по периферии) 25 ÷ 109 м/с, производительность 0,5 ÷ 25 т/ч. Конструктивное оформление гарнитуры дисков (рис. 7.1.7, *а* - *з*) зависит от разновидности перерабатываемого продукта.

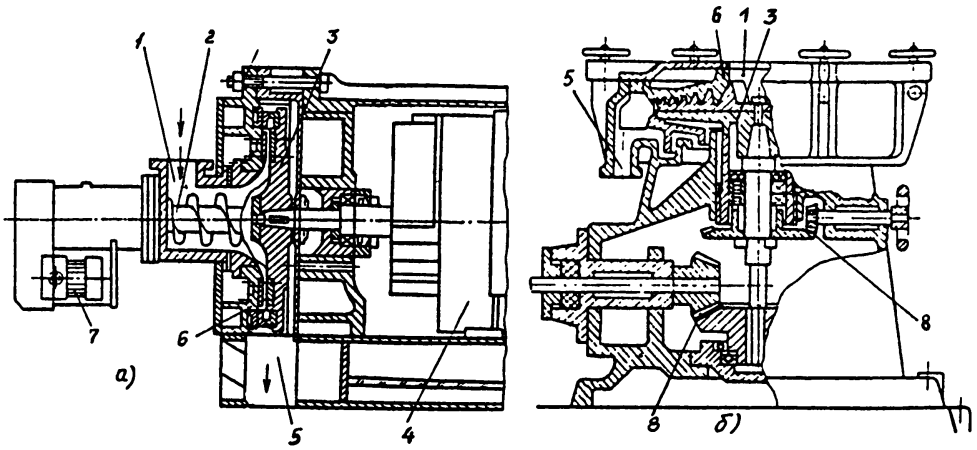


Рис. 7.1.6. Дисковые мельницы:
а - с вертикальными дисками и шнековым питателем; *б* - с горизонтальными дисками;
1 - загрузочный патрубок; *2* - шнек; *3* - подвижный диск; *4*, *7* - электродвигатели; *5* - разгрузочный патрубок; *6* - неподвижный диск; *8* - зубчатая передача

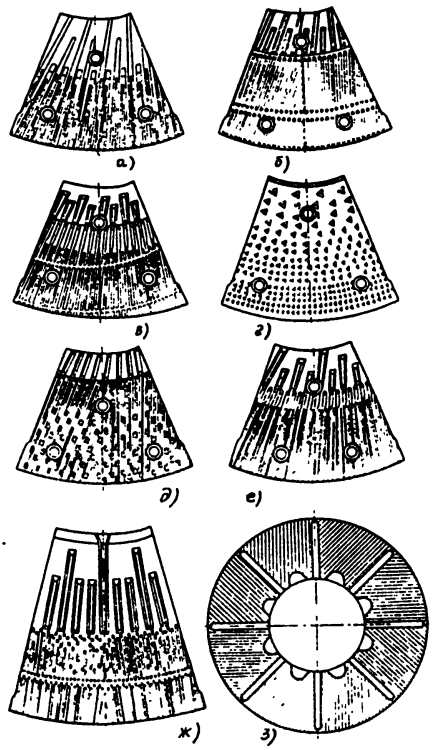


Рис. 7.1.7. Размалывающая гарнитура дисковых мельниц:
а - нарезанная на целом диске; *б* - для размола массы высокой концентрации; *в* - радиальная; *г* - с параллельно расположенными ножами; *д* - шипообразная; *е* - радиальная со спирально расположенными перемычками; *ж* - с параллельно расположенными ножами и разделительной канавкой; *з* - радиальная с перемычками для предварительного размола

У дисковых мельниц второй модификации подвижный диск и закрепленный на крышке неподвижный расположены горизонтально (см. рис. 7.1.6, *б*). Размольные элементы дисков выполнены в виде пирамидных выступов. Такие мельницы используют для размола резиновых и кожевенных отходов в водной (концентрация массы 3,5 %) или воздушной среде; их производительность 120 ÷ 180 кг/ч; диаметр дисков около 800 мм, частота вращения 7 ÷ 9 $с^{-1}$.

7.1.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СМЕШЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ И ПРИГОТОВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ МАЛОЙ ВЯЗКОСТИ

Смешение сыпучих материалов осуществляется в смесителях периодического и непрерывного действия. Характеристика наиболее распространенных смесителей периодического действия представлена в табл. 7.1.2.

Барабанные смесители применяют в основном для предварительного приготовления порошкообразных сухих смесей. Для интенсификации процесса смешения внутри барабана устанавливают винтовые насадки в виде спиральных лент, лопастей, скребков и т.п. Заполнен барабан сыпучим материалом на 30 ÷ 70 %. Частота вращения n ($мин^{-1}$) барабана, обеспечивающая удовлетворительное качество смешения,

$$n = (1500 \div 2000)\sqrt{d_ч / R_{max}},$$

где $d_ч$ - средний диаметр частиц смешиваемых материалов, мм; R_{max} - расстояние от оси вращения до стенки корпуса смесителя, мм.

Мощность привода цилиндрического горизонтального барабанного смесителя (кВт)

$$W = (m_м / 102)\, R_0 \omega \sin\varphi,$$

где $m_м$ - масса материала в барабане, кг; R_0 - смещение центра тяжести массы материала относительно оси вращения барабана, м; ω - угловая скорость барабана, рад/с; φ - угол естественного откоса материала.

Центробежные (скоростные) смесители используют для смешения сухих сыпучих и увлажненных материалов, для приготовления жидких и пастообразных смесей. Объем смесителей составляет 10 ÷ 2500 л, производительность 5000 кг/ч.

Мощность привода (кВт) смесителя

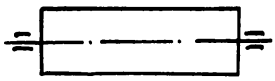
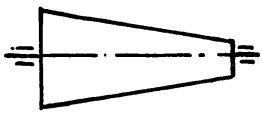
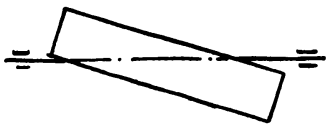
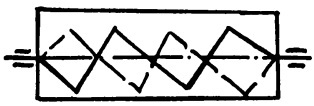
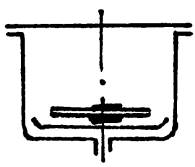
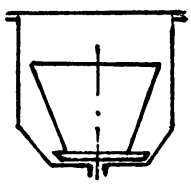
$$W = cK_у \rho_н v^{1,2} L^{1,92} (b \sin\alpha)^{0,82} H^{1,04} i,$$

где c - коэффициент сопротивления массы сыпучего материала движению лопасти, зависящий от природы сыпучего материала; $K_у$ - коэффициент уплотнения (или разрыхления) массы; $\rho_н$ - насыпная плотность материала, $кг/м^3$; v - окружная скорость лопасти, м/с; b, L - соответственно ширина и длина лопасти, м; α - угол атаки, °; H - высота слоя сыпучего материала над лопастью, м; i - число лопастей ротора.

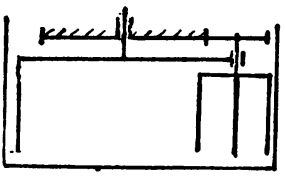
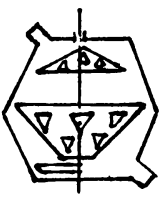
Центробежные (скоростные) смесители часто используют как двухкамерные установки, работающие по двухстадийному циклу. В смесителе имеются две смесительные камеры для "горячего" и "холодного" смешения. Камера "горячего" смешения обогревается жидким теплоносителем. Производительность установки при вместимости каждой камеры 370 л достигает 0,56 т/ч.

Центробежные смесители роторного типа с быстровращающимся полым конусом предназначены для смешения хорошо сыпучих материалов. При плохой сыпучести материалов во внутреннее пространство смесителя между вращающимся конусом и корпусом устанавливают специальные устройства - дополнительные лопасти или скребки.

7.1.2. Характеристика смесителей для сыпучих материалов

Смеситель	Краткая характеристика	Время смешения, ч
Барабанный:		
цилиндрический 	Процесс смешения происходит при пространственном перемещении сыпучих или гранулированных материалов во вращающихся барабанах. Окружная скорость тихоходных смесителей 0,17 ÷ 1,0 м/с. Удельные энергозатраты 2 ÷ 11 кВт · ч/т.	1 ÷ 4
конический 	Коэффициент неоднородности смеси 15 ÷ 20 %. Коэффициент заполнения барабанов до 0,6 (до 60 %). Наружные диаметры цилиндрических барабанов выбирают из следующего ряда чисел: 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2800, 3000, 3200, 3400, 3600, 3800, 4000 мм	1 ÷ 3
цилиндрический со смещенной осью вращения 		1 ÷ 2
цилиндрический с ленточным интенсификатором 	Для увеличения скорости продольного перемешивания используется ленточный интенсификатор	1 ÷ 2
Центробежный (скоростной) 	Использован эффект псевдоожижения сыпучего материала быстровращающимся ротором. Рабочий орган, как правило, двухлопастной пропеллер, лопасти которого отогнуты против направления вращения	0,4 ÷ 0,5
Центробежный роторный 	Рабочий орган выполнен в виде вращающегося конуса. Смесительный эффект достигается при многократном прохождении сыпучего материала по внутренней поверхности вращающегося конуса	0,4 ÷ 0,5

Продолжение табл. 7.1.2

Планетарный 	Рабочий орган - вращающийся ротор, закреплен на планетарной кулисе	0,05 ÷ 0,16
Центробежный непрерывного действия 	Рабочий орган - два полых конических ротора (с отверстиями), вращающихся согласно или встречно друг другу	-

Мощность привода (кВт) таких смесителей

$$W = 1{,}25 c_1 c_\Phi \rho_н D b^{0,6} \omega^{-1,67} H i,$$

где c_1 - коэффициент сопротивления рабочей среды перемешиванию ($c_1 \approx 10^{-4} \sin\varphi$); c_Φ - коэффициент формы лопасти; для спиральной лопасти $c_\Phi = 0{,}72$; для прямой лопасти $c_\Phi = 1$; φ - угол естественного откоса материала; D - диаметр окружности, описываемой наиболее удаленным от оси вращения краем лопасти, м; b - высота лопастей (лопастного вала), м; ω - угловая скорость конического ротора, рад/с; H - высота слоя материала над нижней кромкой лопастей, м; i - число лопастей.

Перспективными являются пневматические смесители, в которых смешиваемый материал переводится в псевдосжиженное состояние струей воздуха. В таких смесителях отсутствуют вращающиеся детали, осуществляется высокая эффективность смешения, но требуется установка пылеуловителей при смешении тонкодисперсных материалов.

Применение автоматизированных линий с непрерывным производственным циклом требует непрерывного приготовления для них исходных композиций. Известны гравитационные, вибрационные, барабанные, пневматические, центробежные и другие смесители непрерывного действия. Наиболее перспективные из них - центробежные смесители. Основной рабочий орган центробежного смесителя непрерывного действия - емкость той или иной формы (чаще всего конической), вращающаяся относительно вертикальной оси. Производительность таких смесителей до 1000 кг/ч, мощность привода 700 Вт, коэффициент неоднородности готовой смеси до 2 %.

Смесители и перемешивающие устройства, наиболее широко применяющиеся для смешения жидких сред (суспензий, эмульсий, лаков, клеев и т.п.) с низкой вязкостью ($10^{-3} \div 10^3$ Па · с), представлены в табл. 7.1.3.

Механические перемешивающие устройства делятся на две группы: быстроходные (лопастные, турбинные, пропеллерные и др.) с окружной скоростью концов лопасти около 10 м/с и отношением $D_е / d_м > 3$ ($D_е$ и $d_м$ - диаметр соответственно смесительной камеры и окружности, описываемой концами лопасти соответственно); тихоходные (якорные, рамные, ленточные, шнековые и др.) с окружной скоростью 1 м/с и отношением $D_е / d_м < 2$.

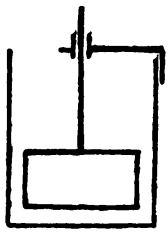
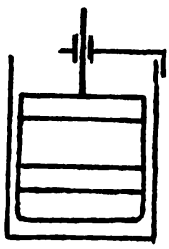
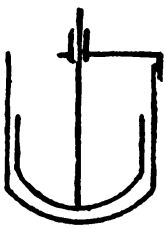
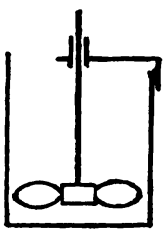
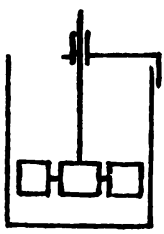
Наиболее часто интенсивность перемешивания механическими перемешивающими устройствами определяется центробежным числом Рейнольдса:

$$Re_ц = (\rho n d_м^2) / \mu,$$

где ρ - плотность жидкости кг/м^3; n - частота вращения мешалки, с$^{-1}$; $d_м$ - диаметр мешалки, м; μ - динамическая вязкость жидкости, Па · с.

Лопастные мешалки имеют две лопасти прямоугольного сечения или более, располо-

7.1.э. Характеристика механических перемешивающих устройств для жидких сред с низкой вязкостью

Перемешивающие устройства	Назначение	Вязкость среды, Па · с	Окружная скорость концов лопастей, м/с
Лопастные 	Перемешивание взаиморастворяющихся жидкостей, медленное растворение кристаллических, аморфных и волокнистых веществ и т.д.	0,1 ÷ 50	1,5 ÷ 5
Рамные 	Перемешивание вязких и тяжелых жидкостей, взвешивание твердых частиц в вязких средах	1 ÷ 100	-
Якорные 	То же	0,1 ÷ 3	0,5 ÷ 4
Пропеллерные 	Перемешивание волокнистых материалов, выравнивание температур	0,001 ÷ 10	3,8 ÷ 16
Турбинные 	Перемешивание вязких жидкостей, взвешивание волокнистых частиц	0,001 ÷ 50	2,5 ÷ 10

женные в плоскости вала мешалки или под некоторым углом α к ней. Разновидности лопастных мешалок - якорные, рамные, листовые.

Пропеллерные мешалки выполнены в виде обычного гребного винта с двумя или четырьмя лопастями. При вращении винт захватывает жидкость лопастями и отбрасывает ее в радиальном и осевом направлениях. Отброшенная жидкость по внешним циркуляционным контурам возвращается к лопастям. В емкости мешалка создает интенсивную циркуляцию жидкости со значительной осевой составляющей полной скорости, что позволяет сократить время перемешивания.

Турбинные мешалки имеют форму колес водяных турбин с плоскими, наклонными или криволинейными лопатками, укрепленными на вертикальном валу. В этом случае при вращении мешалки создаются преимущественно радиальные потоки жидкости. Турбинные мешалки открытого или закрытого типа обеспечивают эффективное перемешивание во всем объеме жидкости. Широко используют перемешивающие устройства со сложным вращением мешалок (планетарным с лопастной мешалкой, планетарным с якорной мешалкой и наклонным валом и ряд других).

Перспективными являются статические смесители для жидких сред с неподвижными перемешивающими, повторяющимися конструктивными элементами, установленными в цилиндрическом корпусе или непосредственно в трубопроводе, по которому подаются компоненты. В статических смесителях используется кинетическая энергия потока жидких компонентов, а смешение осуществляется вследствие многократного деления потока на элементарные струйки и их переориентации.

Все большее применение находят электрогидравлические смесители, основанные на создании высокой мгновенной мощности и значительной скорости распространения ударных волн, благодаря чему жидкость подвергается деформирующим усилиям во всем объеме одновременно. Смесительный эффект обеспечивается электрическим разрядным устройством (обычно напряжение 60 кВ и электрическая емкость 1 мкФ достаточны для осуществления процесса смешения).

7.1.3. МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ВЯЗКОСТИ

Перемешивание смесей повышенной вязкости (эффективная вязкость порядка 0,01 МПа·с) осуществляется механическими способом и происходит в ламинарном режиме. В промышленности для этих целей наиболее широко используют закрытые роторные, лопастные, валковые и червячные смесители.

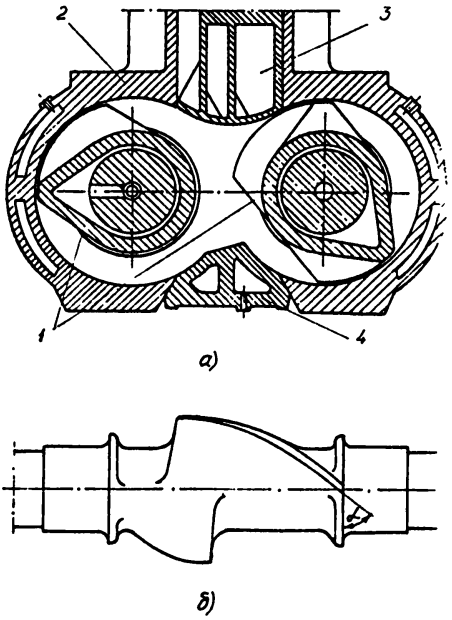


Рис. 7.1.8. Закрытый роторный смеситель:
а - поперечное сечение; *б* - овальный ротор

Закрытый роторный смеситель (рис. 7.1.8, *а*) состоит из камеры *2*, оборудованной двумя стальными полуцилиндрами, внутри которой навстречу друг другу вращаются роторы *1*. В верхней части камеры расположено загрузочное окно с затвором *3*, который при загрузке смесителя поднимается, открывая доступ в камеру смесителя. По окончании загрузки затвор опускается и давит на смешивающий материал, создавая в нем давление 0,35 ÷ 0,7 МПа. Готовая смесь выгружается через нижнее окно в камере, закрытое заслонкой *4*. В процессе смешения выделяется значительное количество теплоты, поэтому стенки камеры, затвор и заслонка, а также роторы выполнены с полостями, в которых циркулирует охлаждающая жидкость. При необходимости эти же полости могут быть использованы для нагрева внутреннего объема камеры.

В роторных смесителях применяют роторы различной формы. В отечественной промышленности наибольшее распространение получили овальные роторы (рис. 7.1.8, *б*). Гребень лопасти такого ротора имеет два самостоятельных участка, не являющихся продолжением друг друга. Вершины выступающих участков выполнены по винтовым линиям. Длина участка различна: одного $(0,35 \div 0,45)L$, а другого $(0,65 \div 0,55)L$, где L - длина рабочей части ротора. Поперечное сечение ротора - заостренный овал, поэтому каждая точка поверхности гребня ротора имеет различную

окружную скорость. Так как оба ротора вращаются равномерно с одинаковой частотой, в камере в каждый момент времени имеет место бесчисленное количество неповторимых комбинаций скоростей, способствующих перемешиванию смеси. Частота вращения роторов производственных смесителей: для тихоходных смесителей около 2 $с^{-1}$, для быстроходных около 7 $с^{-1}$. Гребень лопасти ротора для каждого участка выполнен с различными углами α подъема винтовой линии (на коротком участке гребня 45 °, а на длинном 60 °), что улучшает обработку смеси, но в то же время вызывает одностороннее осевое давление на ротор.

Роторы обычно отливают из стали. К гребню (кромке лопасти) ротора для увеличения срока службы смесителя приваривают твердый сплав (победит, сормайт). К гребням роторов, работающих во взрывоопасной среде, приваривают неискрящиеся сплавы.

Мощность (кВт), затрачиваемая в закрытом роторном смесителе, в установившемся режиме в конце процесса смешения

$$W = K\frac{\omega_{ср}^{n+1}}{2^n}\left\{\left[l_1\left(0{,}5^{n+1} + 0{,}865^{n+1}\right) + 2l_2 0{,}75^{n+1}\right]F + \left(\frac{D_{кр}}{h_0}\right)^{n+1} h_0\delta_0(l_1 + l_2)\right\},$$

где K - экспериментальная константа смеси, кПа · $с^n$; $\omega_{ср} = (\omega_1 + \omega_2) / 2$; ω_1, ω_2 - угловые скорости соответственно переднего и заднего роторов, рад/с; n - безразмерная реологическая константа; l_1, l_2 - длина соответственно длинного и короткого гребня ротора, м; $D_{кр}$ - диаметр гребня ротора по кромке, м; h_0 - минимальный зазор, образованный площадкой гребня ротора и стенкой камеры, м; δ_0 - ширина кромки, м.

Параметр ($м^2$)

$$F = \sum_{i=1}^{n_э}\left(\frac{D_к}{h_i} - 2\right)^{n+1} f_i,$$

где $n_э$ - число элементов, на которые разбивается деформируемый объем в зазоре между ротором и стенкой камеры, $n_э \approx 14 \div 28$; $D_к$ - внутренний диаметр камеры, м; h_i - зазор между гребнем ротора и камерой для одного элемента, м; f_i - площадь сечения i-го элемента, $м^2$.

С учетом перегрузок во время введения компонентов смеси в смеситель мощность (кВт) двигателя привода

$$W_{дв} = K_п\, W / \eta_{рд},$$

где $K_п = 1{,}5$ - коэффициент перегрузки; $\eta_{рд} = 0{,}8$ - КПД редуктора.

Производительность смесителя периодического действия с закрытой камерой смешения

$$G = V\rho\alpha_м / t_ц,$$

где V - объем материала, загружаемого в камеру; $V = (0{,}5 \div 0{,}6)V_к$; $V_к$ - объем рабочей камеры смесителя; ρ - плотность смеси; $\alpha_м$ - коэффициент использования машинного времени; $\alpha_м = 0{,}8 \div 0{,}9$; $t_ц$ - продолжительность цикла смешения; $t_ц = (t_{см} + t_в)$; $t_{см}$, $t_в$ - время соответственно смешения и вспомогательных операций.

Из большого многообразия конструкций лопастных смесителей чаще применяют смесители с Z-образными лопастями. Основные конструктивные элементы смесителя - опрокидывающая камера и две вращающиеся навстречу друг другу лопасти. Лопасти вращаются с различной частотой (18 ÷ 20 $с^{-1}$). Объем рабочей камеры смесителя 5, 25, 100, 200, 400, 800, 2000 и 4000 л. Максимальная мощность привода от 25 кВт (смесители с малым объемом камеры) до 150 кВт.

Валковые смесители (вальцы) периодического и непрерывного действия используют для приготовления пластичных смесей, введения в них пластификаторов, пигментов, наполнителей и т.п. Смешение осуществляется в зазоре между параллельно расположенными и вращающимися навстречу друг другу валками (рис. 7.1.9, *а*). Ингредиенты, подлежащие смешению, загружают на валки сверху (поз. *1*, рис. 7.1.9, *б*). Силой трения они затягиваются в зазор. Для усиления эффекта относительного скольжения слоев материала валкам придают различные окружные скорости, что приводит к возрастанию градиента скорости сдвига материала по его толщине. Отношение окружных скоростей валков называется фрикцией и определяется выражением $f = v_1 / v_2$ (v_1 и v_2 - окружные скорости заднего и переднего валков соответственно).

При $f > 1$ выходящий из зазора упругопластичный материал (поз. *4*) стремится изогнуться так, чтобы на выпуклой стороне располагались слои с наибольшим остаточным удлинением, т.е. соприкасающиеся с валком с большей окружной скоростью.

Для удобства обслуживания вальцов передний валок вращается с меньшей окружной скоростью ($v_2 \le 38$ м/мин); при этом материал, изгибаясь, обволакивает валок.

Для более эффективного смешения на вальцах периферического действия время от времени осуществляют подрезку материала и вновь возвращают его в рабочую зону смесителя до достижения требуемой однородности смеси (рис. 7.1.9, *б*).

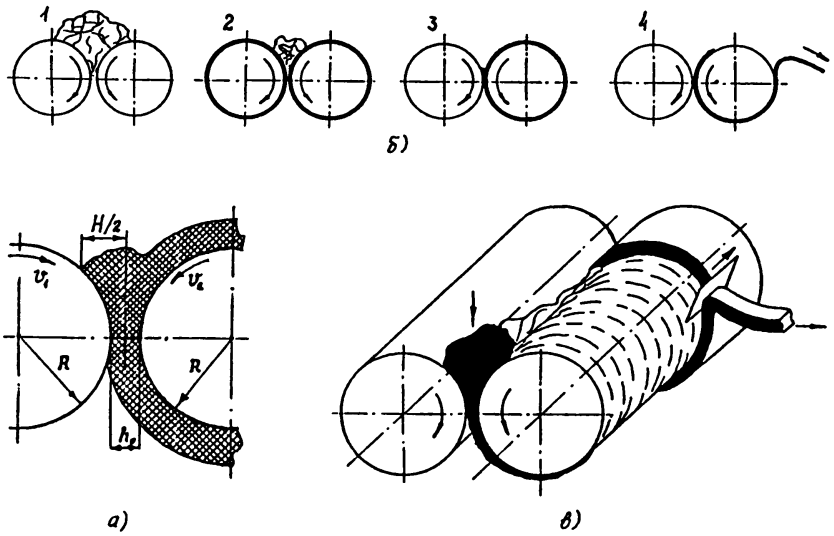


Рис. 7.1.9. Приготовление смеси на вальцах:
а - зона деформации упругопластичного материала; *б* - стадии на вальцах периодического действия; *в* - на вальцах непрерывного действия

На вальцах непрерывного действия загрузка предварительно перемешанных (обычно на роторных смесителях) исходных компонентов производится небольшими дозами также периодически (рис. 7.1.9, *в*). Готовая смесь непрерывно срезается в виде ленты с валка, обладающего меньшей окружной скоростью. Срезание осуществляется ножом, перемещающимся вдоль этого валка.

При деформации полимерного материала в зазоре между валками возникают распорные силы 3,5 ÷ 11 кН на 1 см длины валка. Полная распорная сила между валками (при отсутствии фрикции) в установившемся режиме работы вальцов, когда материал приобрел вязкопластические свойства,

$$P = 2\mu_э \mathrm{v} Rb\left(\frac{1}{h_0} - \frac{1}{H}\right),$$

где $\mu_э$ - эффективная вязкость; v - окружная скорость валков (при условии, что $v_1 = v_2$); R - радиус валка; b - ширина вальцуемого материала в зазоре между валками; H - толщина слоя материала в начале дуги захвата; h_0 - зазор между валками.

Для вальцов, работающих с фрикцией f, распорная сила

$$P = 2{,}2\frac{1+f}{2}\mu_э\frac{\mathrm{v}Rb}{h_0},$$

где v - окружная скорость переднего валка.

Расчетная мощность, затрачиваемая на вальцевание материала,

$$W_0 = F_{тр} b \mathrm{v}(1 + f),$$

где распределенная на единицу длины валка сила вязкого трения $F_{тр} = \mu_э \mathrm{v}\sqrt{\frac{R}{h_0}}\left[7{,}4\ (2 + f) - 17{,}4\frac{1+f}{2}\right]$.

Мощность, необходимая для привода вальцов, значительно выше мощности W_0, так как значительная ее часть расходуется на преодоление сил трения в подшипниках валков. Эта мощность

$$W_{тр} = \frac{Pdv(1+f)f_s}{2R},$$

где d - диаметр шейки валка; f_s - коэффициент трения в подшипниках.

Полная мощность, необходимая для привода вальцов,

$$W = W_0 + W_{тр}.$$

Энергия, расходуемая на деформацию полимера, превращается в теплоту, поэтому в вальцах предусматривается охлаждение валков путем подачи воды в их полости.

При расчете на прочность валок вальцов рассматривается как балка на двух опорах, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой от собственного веса, нагрузкой от

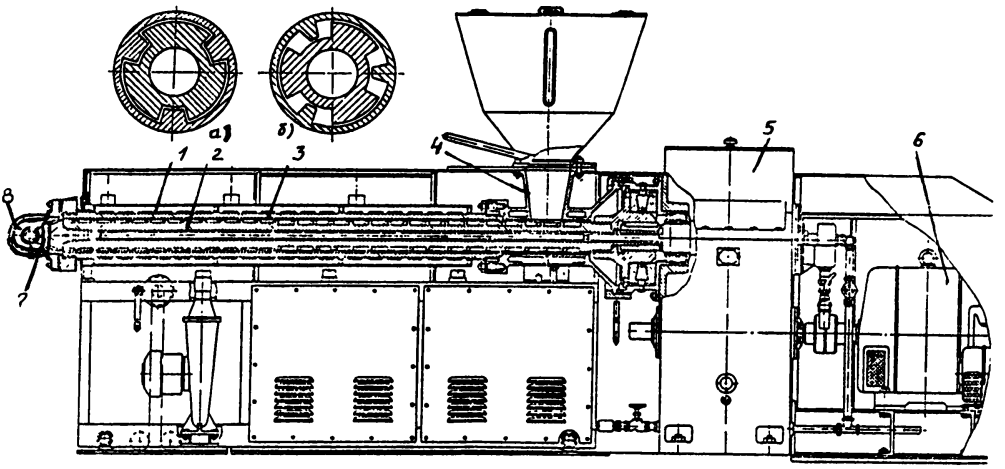


Рис. 7.1.10. Червячный смеситель

распорной силы, равномерно распределенной вдоль контактирующей с материалом части валка, и вращающим моментом. По указанным нагрузкам рассчитывают изгибающие σ, касательные τ и приведенные $\sigma_{пр}$ напряжения в материале валка:

$$\sigma_{пр} = \frac{1-\mu}{2}\sigma + \frac{1+\mu}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2},$$

где μ - коэффициент Пуассона.

Сравниваемые с допускаемыми суммарные напряжения σ_c определяют с учетом температурных напряжений $\sigma_т$, расчет обычно проводят по среднему поперечному сечению рабочей части валка: $\sigma_c = \sigma_{пр} + \sigma_т \le [\sigma]$.

Температурные напряжения могут достигать максимума:

на внешней

$$\sigma_{тR} = \frac{\alpha E(t_в - t_н)}{2(1-\mu)}\left(\frac{1}{\ln\frac{R}{r}} - \frac{2r^2}{R^2 - r^2}\right)$$

или на внутренней поверхности валка

$$\sigma_{тr} = \frac{\alpha E(t_в - t_н)}{2(1-\mu)}\left(\frac{1}{\ln\frac{R}{r}} - \frac{2R^2}{R^2 - r^2}\right),$$

где α - коэффициент линейного температурного расширения; E - модуль упругости; $t_в$ и $t_н$ - температура соответственно внутренней и наружной поверхностей валка; r и R - радиусы этих поверхностей.

Непрерывное смешение композиций ПВХ, ПЭ и других термопластов, приготовление резиновых смесей проводится в червячных смесителях - пластикаторах. Эффект смешения реализуется во всех червячных машинах (формующих, фильтрующих, отжимных прессах, грануляторах и т.д.) независимо от их целевого назначения, однако для получения наибольшего эффекта червячные смесители имеют некоторые конструктивные особенности (рис. 7.1.10).

Червяк *2* (один или несколько) смесителя установлен консольно в корпусе рабочего цилиндра *1*. С корпусом цилиндра жестко соединена загрузочная воронка *4*, а к выходному его участку прикреплена формующая головка *8* (обычно сменная). Входной участок головки может быть перекрыт сеткой *7*, фильтрующей смесь и создающей дополнительное сопротивление ее движению. Червяк получает вращение от электродвигателя *6* через редуктор *5*. В полостях стенок корпуса цилиндра размещена система электронагревателей *3*, разделенная на отдельные секции для поддержания различной температуры по зонам вдоль цилиндра. Для исключения перегрева смеси и экстренного снижения температуры цилиндра предусмотрено воздушное (у некоторых машин - жидкостное) охлаждение стенок корпуса. Червяк машины имеет нарезку с переменными параметрами (глубиной и шагом нарезки, углом подъема ее винтовой линии) и снабжен водяным охлаждением.

В ряде червячных машин для усиления смесительного эффекта червяку, кроме вращательного, сообщается возвратно-поступательное (осциллирующее) движение, а на поверхности цилиндра образуются месильные зубья. Винтовая нарезка червяка прерывается и состоит из отдельных винтовых лопастей. Переменное осевое и поворотное движения червяка

обеспечивают интенсивный сдвиг, сжатие и разрыв смеси в рабочей полости, что способствует равномерному перемешиванию и пластикации материала. Осциллирующие смесители для очень вязких сред (рис. 7.1.10, *а*) отличаются несколько от смесителей для материалов пастообразных и умеренной вязкости (рис. 7.1.10, *б*).

Двухчервячные машины наиболее эффективны для гранулирования термопластов, когда необходимо совместить несколько операций переработки: смешение, пластикацию, дегазацию, гомогенизацию, выдавливание расплава полимера через решетку головки с одновременной резкой на гранулы и т.д.

Глава 7.2

ФОРМОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ

7.2.1. ВАЛКОВЫЕ МАШИНЫ

Валковые машины - каландры предназначены для непрерывного формования из пластичных полимерных композиций листов или пленки (листование), нанесения на рулонную основу слоя предварительно отформованного полимерного покрытия (с втиранием или без него), соединения (дублирование) рулонных материалов между собой, отделки поверхности рулонных материалов гладким (глажение) или гравированным (тиснение) нагретым валом.

Рабочими органами каландров являются горизонтально расположенные вращающиеся навстречу друг другу металлические цилиндры - валки. Валки изготовляют из стали или высококачественного чугуна; их наружная поверхность, контактирующая с материалом, шлифуется и полируется. Исключение составляют прижимные валки гладильных каландров с упругим покрытием и тиснильных с тиснильным валком на котором выполнена гравировка.

В зависимости от области применения каландры делят на лабораторные (диаметр валков $D < 225$ мм) и производственные нескольких типов: легкого ($D \le 360$ мм, при длине рабочей части валка $L \le 1100$ мм), среднего ($610 \le D \le 710$ мм, $L \le 1800$ мм) и тяжелого ($D = 950$ мм, $L = 2800$).

Число валков промышленных каландров 2 - 5. Валки могут располагаться в одной вертикальной плоскости (рис. 7.2.1, *а* - *в*); у четырехвалковых и пятивалковых каландров верхний и нижний валки (один или оба) могут быть смещены и находиться в одной горизонтальной плоскости с соседним (Г-, L- и Z-образные каландры на рис. 7.2.1, *г* - *з*); угол смещения может составлять 45 ° (S-образный и угловой каландры на рис. 7.2.1, *и*, *к*). Смещение валков позволяет уменьшить размер каландра по высоте, облегчить загрузку перерабатываемого материала, упростить регулировку зазора между валками.

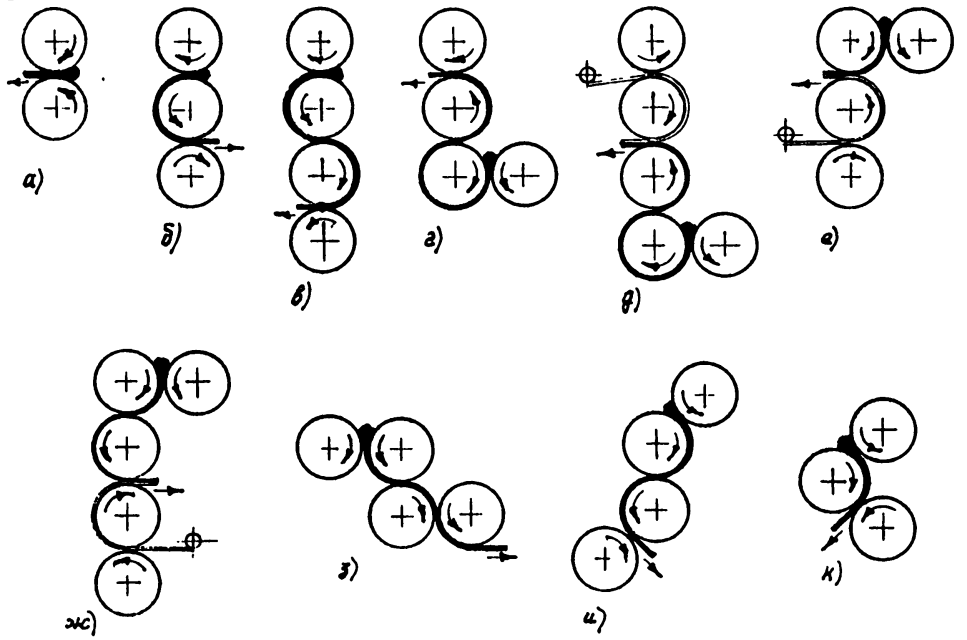


Рис. 7.2.1. Схемы расположения валков каландров при листовании (*а* - *г*, *з* - *к*) и при нанесении полимерного покрытия на рулонную основу (*д* - *ж*)

При листовании полимерный материал проходит в зазор между одной или несколькими парами валков последовательно; его толщина уменьшается, а ширина увеличивается. Поскольку переработку проходит материал после предварительной пластикации на вальцах или червячной машине, то для формования листа (пленки) достаточно обычно трех, иногда двух валков. Увеличение числа валков каландров дает возможность совмещения операции формования одной или одновременно двух полимерных пленок с наложением ее (их) на рулонную основу, с соединением пленок между собой, с отделкой полученного материала тиснением или глажением.

Каландрование проводят при температуре наружной поверхности валков до 160 ÷ 200 °С. Нагрев (при высоких скоростях) и охлаждение осуществляются принудительной циркуляцией теплоносителя с высокой точностью (+2 °С). Для нагрева, как правило, используют перегретую воду, органические теплоносители и насыщенный пар. В зависимости от конструктивного оформления валков теплоноситель или циркулирует в системе отверстий, высверленных в стенке валка параллельно его наружной поверхности, или подается в его внутреннюю полость. В последнем случае для обеспечения постоянной толщины стенки валка выполняется расточка его внутренней полости.

Каландры, как правило, оснащены индивидуальным приводом для каждого валка с бесступенчатым регулированием частоты вращения. Скорость выхода готового изделия на каландровых агрегатах 8 ÷ 100 м/мин, а производительность 400 ÷ 200 кг/ч.

Давление, оказываемое на материал в зазоре между валками каландров (7 ÷ 70 МПа), зависит от типа и толщины материала и вызывает значительную распорную силу между валками. При расчете распорной силы на основе гидродинамической теории процесса каландрования предполагается, что каландрируемый материал обладает свойствами вязкой несжимаемой жидкости, поэтому можно воспользоваться формулами расчета процесса вальцевания. Однако при определении мощности привода валков каландра следует учитывать, что каждый внешний валок обеспечивает деформацию материала, проходящего через зазор между ним и только одним соседним, а каждый внутренний валок взаимодействует с материалом, в деформации которого участвуют также два соседних валка. Поэтому мощность, необходимая для привода внутренних валков, в 2 - 2,5 раза больше, чем для внешних.

Под действием распорной силы валки прогибаются, что может повлиять на равномерность толщины получаемого материала, учитывая, что минимальная толщина формуемой пленки может достигать 0,05 мм.

Максимальный прогиб валка в среднем сечении

$$\Delta h_{max} = \frac{q\left(8l^3 - 4b^2l + b^3\right)}{384EJ},$$

где q - удельная сила, действующая на единицу длины валка; l - расстояние между подшипниками валка; b - ширина рабочего участка валка; E - модуль упругости материала валка; J - осевой момент инерции сечения валка.

Для получения равнотолщинного материала в конструкции каландра предусматривается компенсация прогиба валка. Наиболее распространенные методы компенсации: бомбировка, перекрещивание и контризгиб (рис. 7.2.2).

При бомбировке валков внешнему калибрующему валку каландра придается бочкообразная форма (рис. 7.2.2, *а*). Диаметр средней части валка несколько больше, а профиль его поверхности имеет параболическую форму. Бомбировка позволяет полностью скомпенсировать прогиб валка только для определенного значения распорной силы, соответствующей конкретным параметрам процесса каландрования. Величина бомбировки незначительна и составляет обычно 0,3 ÷ 0,4 мм.

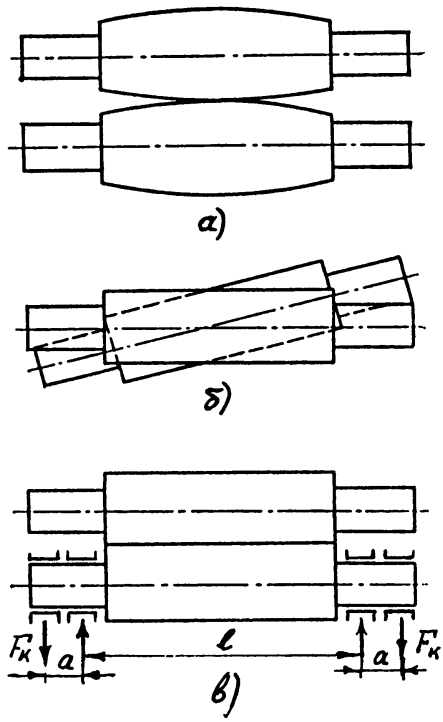


Рис. 7.2.2. Схемы компенсации прогиба валков каландров

При перекрещивании валков внешний калибрующий валок поворачивается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через середину валка, поэтому зазор на краях валка оказывается больше, чем в середине (рис. 7.2.2, *б*). Изменение зазора, достигаемое при перекрещивании,

$$\delta_z = \left[D^2 + \frac{c_1^2 (l - 2z)^2}{l^2} \right]^{1/2} - D,$$

где c_1 - горизонтальное смещение центра подшипника валка; z - расстояние от середины валка до рассматриваемого сечения; D - диаметр валка.

Метод перекрещивания не обеспечивает полную компенсацию, так как в любом случае сечение каландруемого материала не имеет правильной прямоугольной формы. Однако, изменяя величину перекрещивания, можно подобрать нужную степень компенсации в зависимости от свойств материала и толщины изделия.

Лучшие результаты компенсации прогиба валков обеспечиваются методом контризгиба (рис. 7.2.2, *в*), при котором к концам внешнего калибрующего валка прикладывается сила $F_к$, создающая изгибающий момент, противоположный по направлению моменту, возникающему под действием распорной силы. Изменение профиля зазора под действием контризгиба описывается выражением

$$\delta_z = \frac{F_к a}{2EJ} \left(z^2 - lz \right),$$

где $a = 0{,}5(l - b)$.

Но и в этом случае полная компенсация не достигается. Существующие каландры, как правило, оснащают бомбированными валками, устройствами для перекрещивания или контризгиба валков. Комбинируя эти методы, можно добиться практически полной компенсации прогиба, при котором максимальное отклонение толщины пленки от номинального значения не превышает 1 ÷ 2 мкм.

Производительность каландра (кг/ч) при непрерывном процессе производства изделия

$$G = 60 \delta b v \rho \varphi,$$

где δ - величина зазора, м; b - ширина полотна каландруемого материала, м; v - скорость выхода материала, м/мин; ρ - плотность материала, кг/м^3; φ - коэффициент использования машинного времени.

7.2.2. ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ

Литьевые машины и агрегаты предназначены для изготовления деталей и узлов низа (каблуков, супинированных полустелек, подошвы и др.) и верха обуви, обувных колодок, а также для литья низа на обуви из пластических масс и резиновых смесей. Из пластических масс широко применяют пластикаты поливинилхлорида, подошвенные композиты на основе дивинилстирольных термоэластопластов, полиэтилен низкого и высокого давления, а также жидкие полиуретановые композиции. При этом для переработки термо- и реактопластов используют метод литья под давлением, а для жидких полиуретановых композиций - "жидкое" формование.

Литьевое оборудование отличается принципом действия, конструкцией, числом применяемых пресс-форм и т.д. У любой литьевой машины можно выделить ряд аналогичных по назначению механизмов и устройств, объединяемых в блок пластикатора или литьевой головки (устройства для дозирования перерабатываемого материала, для нагрева и плавления гранулированного, порошкообразного, а иногда в виде ленты или шнура материала, механизм впрыска расплава полимера или резиновой смеси в закрытую пресс-форму). В машинах, осуществляющих жидкое формование, аналогичным является блок реактора или смесительная головка, состоящие из устройства для дозирования компонентов полиуретановой композиции, механизма для тщательного их перемешивания и впрыска или заливки соответственно в закрытую или раскрытую пресс-форму. Все механизмы и устройства, предназначенные для смыкания или размыкания частей пресс-формы и удержания ее в замкнутом состоянии, а также для выталкивания готовой детали или изделия из полости пресс-формы конструктивно объединяют в блок замыкающего пресса.

Основными вопросами, решаемыми при проектировании, расчете и конструировании механизмов и устройств литьевых машин являются: выбор оптимального количества позиций и рациональная компоновка блоков; разработка рационального варианта конструкции литьевой (смесительной) головки и замыкающего пресса, обеспечение целесообразного и компактного взаимного расположения; выбор структуры привода и системы управления. Решение этих вопросов зависит от конструкции и массы отливаемых деталей или изделий, свойств перерабатываемого материала, производительности машины, степени автоматизации, теплового и энергетического баланса и других факторов.

По числу рабочих позиций литьевые машины можно разделить на одно-, двух- и многопозиционные. Компоновка блоков литьевой машины, независимо от числа позиций, определяется взаимным расположением осей литьевой (смесительной) головки и замыкающего пресса (рис. 7.2.3). Различают

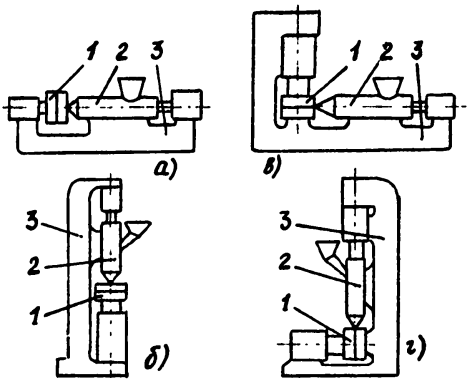


Рис. 7.2.3. Схемы компоновки блоков литьевых машин с горизонтальным (*а*), вертикальным (*б*) и угловым (*в*, *г*) положением осей:
1 - блок замыкающего пресса; *2* - блок литьевой головки; *3* - станина

машины с горизонтальным, вертикальным и угловым расположением осей. В производстве обуви наибольшее распространение получили литьевые машины с угловой компоновкой осей блоков с вертикальным расположением оси замыкающего пресса (рис. 7.2.3, *в*). Выбор схемы взаимного расположения осей блоков литьевой машины предопределяет занимаемую производственную площадь и удобство обслуживания, материальные и энергетические затраты на изготовление конструкции, внешний вид машины и т.д.

На производительность литьевой машины влияют объем отливки, продолжительность цикла литья и быстроходность машины. При расчете производительности машины принимают объем отливки

$$V_р = 0{,}75\ V_н,$$

где $V_н$ - номинальный объем отливки.

Время цикла работы однопозиционной литьевой машины $t_ц$ состоит из машинного $t_м$ и технологического $t_т$ времени цикла:

$$t_ц = t_т + t_м.$$

В большинстве случаев

$$t_м = t_в + t_с + t_{под},$$

где $t_в$, $t_с$ и $t_{под}$ - продолжительность соответственно впрыска, смыкания и размыкания частей пресс-формы и подвода литьевой (смесительной) головки к пресс-форме (время отвода литьевой головки является перекрываемым).

При этом

$$t_т = t_{выд} + t_{охл} + t_{т.п},$$

где $t_{выд}$, $t_{охл}$ и $t_{т.п}$ - продолжительность соответственно выдержки детали или изделия под давлением, охлаждения отливки для термо- и термоэластопластов (время $t_{отв}$ отверждения для реактопластов или $t_{вул}$ вулканизации для резиновых смесей), технологической паузы для смазки, разгрузки пресс-форм и т.п. Число циклов в час $N = 3600 / t_ц$.

Производительность литьевой машины можно увеличить путем исключения из цикла времени $t_{охл}$ ($t_{отв}$ или $t_{вул}$) и $t_{т.п}$. Это требование может быть выполнено при размещении пресс-форм на вращающемся столе карусельного или роторного типа с устройствами, позволяющими удерживать их в закрытом состоянии после отхода литьевой головки в течение времени $t_{охл}$ ($t_{отв}$ или $t_{вул}$). Вследствие этого из цикла работы исключается также время $t_{выд}$. Производительность литьевой машины в этом случае определяется уже не временем $t_ц$, а временем

$$t_р = t_м + (t_{пов} + t_п),$$

где $t_р$, $t_{пов}$ и $t_п$ - соответственно темп работы, время поворота карусельного (роторного) стола машины на одну позицию, паузы между циклами.

Через промежутки времени $t_р$ на машине осуществляется литье деталей или изделий.

Продолжительности $t_{охл}$ ($t_{отв}$ или $t_{вул}$) значительно превалируют над $t_м$ и могут достигать 60 ÷ 80 % времени $t_ц$ работы машины. Определение этих величин осложняется нестационарностью протекания теплового процесса при формовании отливки в пресс-форме.

Рациональное число z позиций пресс-форм вращающегося стола карусельного или роторного типа между позициями впрыска и размыкания частей пресс-формы при известной величине $t_ц$ рассчитывается по формуле

$$z = \frac{t_ц}{t_р} = \frac{t_ц}{t_м + (t_{пов} + t_п)}.$$

Любая литьевая машина состоит из инжекционной и прессовой частей: инжекционная часть предназначена для пластикации материала (разогрева до необходимой температуры, гомогенизации и создания требуемого давления впрыска); прессовая часть осуществляет смыкание частей пресс-формы и их запирание во время формования.

В машинах с поршневой пластикацией (рис. 7.2.4, *а*), предназначенных для литья деталей и изделий из термо- и термоэластопластов, а также резиновых смесей, материал из бункера *7* загружается в цилиндр *6* пластикатора объемом, рассчитанным на пять - восемь отливок. Пластикация материала осуществляется вследствие теплопередачи от

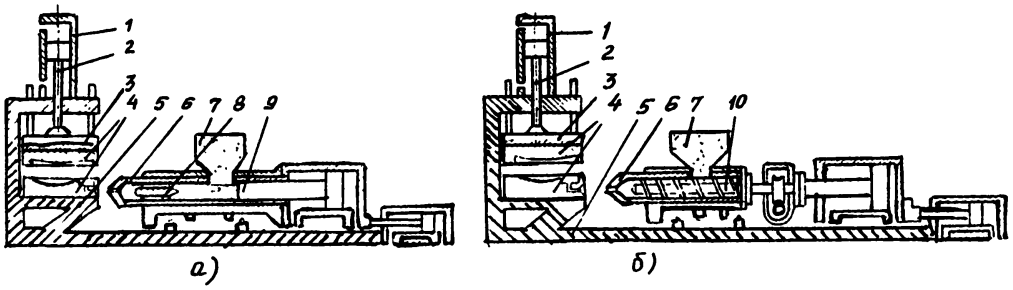


Рис. 7.2.4. Схемы литьевых машин с поршневой (*а*) и червячной (*б*) пластификацией

внешних источников теплоты в виде ленточных электронагревательных элементов, образующих две - шесть тепловых зон на наружной поверхности цилиндра.

После подвода сопла литьевой головки к входу литникового канала пресс-формы *4* поршень *9*, перемещая материал в переднюю часть цилиндра, продавливает его через отверстия торпеды *8* и впрыскивает в рабочую полость пресс-формы, которая установлена на плитах *3* и *5* замыкающего пресса и запирается штоком *2* гидро- или пневмоцилиндра *1*.

В машинах с червячной пластикацией (рис. 7.2.4, *б*) поступивший в цилиндр *6* пластикатора материал захватывается вращающимся червяком *10*, подается в переднюю часть, интенсивно перемешиваясь и равномерно прогреваясь, и впрыскивается в рабочую полость пресс-формы *4*. Такой режим работы червяка не обеспечивает высоких давлений впрыска.

Высокое давление впрыска можно обеспечить применением на переднем конце червяка наконечника с обратным клапаном. Выбор конструкции наконечника червяка и инжекционного сопла определяется в первую очередь вязкостью перерабатываемого материала. В этом случае при вращении червяка материал, проходя через открытые каналы обратного клапана наконечника, попадает в переднюю часть цилиндра пластикатора и червяк отходит назад. После этого вращение червяка прекращается, обратный клапан закрывается и перемещением червяка вперед материал через сопло впрыскивается в закрытую пресс-форму.

В производстве обуви поршневая пластикация применяется в литьевом прессе-полуавтомате ЛППГВ-0 для горячей вулканизации низа на обуви, машине Х-ТА (Германия) для отливки обувных колодок из полиэтилена и др. Наибольшее распространение получили машины с червячной пластикацией: МЛО для литья низа на обуви; фирмы Desma Германия) серии 711 (для литья резиновых месей), серий 701, 704, 752 и др. (для литья подошв на обуви из ПВХ), серий 1511 - 1514 (для литья подошв на обуви из полиуретановых смесей) и др.

Основными элементами многопозиционных литьевых агрегатов являются: стол с расположенными на нем пресс-формами; литьевая (смесительная) головка; гидростанция; пульт управления с контрольно-измерительными приборами. Компоновка агрегата может быть круглой и линейной, с вертикальным или горизонтальным расположением главной оси вращающегося стола или транспортирующего устройства. Для круговой компоновки при вертикальном расположении оси с увеличением числа z позиций увеличиваются диаметр D круга карусельного стола и площадь, занимаемая литьевым агрегатом:

$$D \approx \frac{z}{\pi}(a + b),$$

где a и b - соответственно расстояние между пресс-формами и их ширина.

Значительно меньшую площадь занимают машины с горизонтальным расположением оси вращающегося стола. При линейной компоновке применяют установки с выносными пресс-формами, выдержка которых в замкнутом состоянии после отхода литьевой головки в течение времени $t_{охл}$ ($t_{отв}$ или $t_{вул}$) осуществляется, например, на конвейере. Перспективность использования литьевых установок с линейной компоновкой, например, для горячей вулканизации низа на обуви не вызывает сомнения.

При проектировании и конструировании механизмов и устройств блока литьевой головки необходимо обосновать выбор способа осуществления пластикации для термо- и реактопластов и резиновых смесей (тщательного перемешивания жидких полиуретановых композиций), структурных схем механизма впрыска и привода с учетом опыта эксплуатации имеющихся конструкций, вида выполняемой технологической операции, свойств перерабатываемого материала, производительности

машины, степени ее автоматизации, целесообразность агрегатирования и т.д.

Для механизма впрыска с поршневой пластикацией вследствие трения материала о стенки цилиндра возникают потери давления, которые резко возрастают при $l_п / d_п > 2{,}0 \div 2{,}2$ (где $l_п$ - условная длина пробки материала; $d_п$ - диаметр литьевого плунжера). Так как $V_г \rho_г = V_м \rho_м$ и $V_г = \pi d_п^2 l_п / 4$, то

$$d_п = \sqrt{\frac{4 V_м \rho_м}{(2{,}0 \div 2{,}2)\pi \rho_г}},$$

где $V_г$, $V_м$ и $\rho_м$, $\rho_г$ - соответственно объем пробки материала, объем впрыска и плотности пластицированного материала и насыпной массы.

Полный ход $L_п$ литьевого плунжера (рис. 7.2.5, *а*) состоит из хода $l_т$ на транспортировку материала в переднюю часть цилиндра, хода $l_п$ на продавливание и рассчитываемого по уравнению для определения $d_п$, хода $l_у$ на уплотнение материала в пресс-форме. Для термо- и термоэластопластов из-за усадки детали в пресс-форме до 20 % объема $l_у = 0{,}2\, l_п$. Величину $l_т$ конструктивно принимают на 5 ÷ 7 мм больше длины $l_з$ загрузочного отверстия.

При впрыске в полости цилиндра пластикатора находится объем $V_г = V_1 + V_2$, где $V_1 = \pi d_п^2 l_з / 4$, $V_2 = \pi d_п^2 h / 8$, $h = d_п / \mathrm{tg}\alpha$ и α - угол естественного откоса насыпного материала в виде гранул или порошка 30 ÷ 45 °. Следовательно,

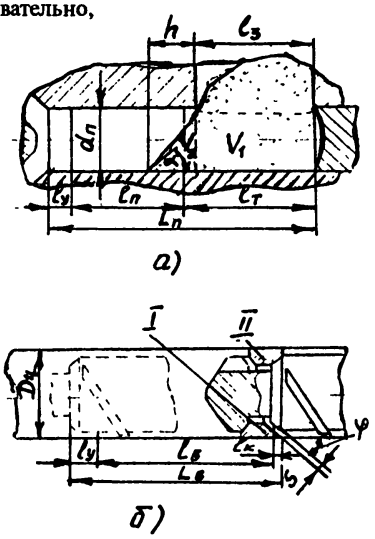


Рис. 7.2.5. Схемы для определения полного хода литьевого плунжера (а) и осевого перемещения червяка (б):
I - открытое положение; *II* - закрытое положение

$$l_з = 4\frac{V_г}{\pi d_п^2} - \frac{d_п}{2\mathrm{tg}\alpha}.$$

Текущее значение силы при впрыске в первом приближении

$$P = P_{max}\left(\frac{X_п - X_{1п}}{X_{2п} - X_{1п}}\right),$$

где P_{max} - максимальная сила при впрыске; $X_п$ - текущая абсцисса точки рабочей плоскости плунжера; $X_{1п}$ - абсцисса точки при положении плунжера, соответствующем началу этапа уплотнения и впрыска; $X_{2п}$ - абсцисса точки при крайнем левом положении плунжера.

Длина хода червяка для механизма впрыска с червячной пластикацией определяется из условия возможности впрыска в пресс-форму дозы материала, равной максимальному объему V отливаемой детали (рис. 7.2.5, *б*). Поэтому

$$L_в = l_к + l_в + l_у,$$

где $l_к$ - холостой ход, соответствующий закрытию обратного клапана; $l_в$ - ход, соответствующий максимальному объему отливки при условии отсутствия сжимаемости и термического расширения материала; $l_у \approx 0{,}1 l_в$ - ход на компенсацию усадки детали в пресс-форме.

Величина $l_к$ геометрически связана с зазором s и углом φ между коническими поверхностями обратного клапана и головки червяка. Установлено, что $L_в / D_ч \le 2{,}2$ (где $D_ч$ - диаметр червяка). Так как $V = \pi D_ч^2 L_в / 4$, принимая $L_в = 2{,}2 D_ч$ и подставляя в исходное уравнение для нахождения $L_в$ данные для $l_к$ и $l_в$, находят диаметр червяка. По величине $D_ч$ рассчитывают ход $L_в$ червяка.

Для переработки термо- и термоэластопластов отношение длины $L_ч$ червяка к его диаметру $D_ч$ находится в диапазоне от 8 : 1 до 18 : 1, а для резиновых смесей в пределах от 5 : 1 до 15 : 1. При этом большим значениям соответствует более высокая степень однородности пластицируемого материала.

Расчет геометрических параметров червяка и режима работы механизма впрыска (шага и глубины винтовой нарезки, ширины и глубины винтового канала, частоты вращения червяка и мощности привода, осевой силы на червяке, давления пластикации и т.д.) осуществляют с учетом выполняемой технологической операции, требуемой производительности, свойств перерабатываемого материала, обобщенных конструктивных и технологических рекомендаций.

Для механизмов впрыска с поршневой и червячной пластикацией поверочному расчету по энергетической теории прочности подвергается цилиндр пластикатора, работающий как толстостенный сосуд под внутренним давлением, равным максимальному давлению литья при пульсирующем цикле. Допускаемое напряжение для материала цилиндра принимается с учетом температуры переработки полимера.

Резьбы крепления сопла к цилиндру пластикатора и цилиндра к станине подвергаются поверочному расчету на срез под действием осевой нагрузки, равной силе затяжки резьбы, которая принимается обычно в 1,3 раза больше максимального значения, действующей на резьбу осевой силы.

Червяк рассчитывают на прочность при действии крутящего момента, осевой силы и собственного веса, а также на продольную устойчивость, для чего предварительно проверяется гибкость червяка.

Основным элементом блока замыкающего пресса является пресс-форма. Она может состоять из двух, четырех частей и более. Для обеспечения точного смыкания частей пресс-форм используют направляющие колонны или центровые штыри.

Для практических расчетов с достаточной точностью можно найти силу, возникающую в плоскости разъема пресс-формы,

$$P_{\Phi} = pF,$$

где p - среднее давление в полости пресс-формы; F - площадь проекции отливки на плоскость разъема.

Надежное замыкание частей пресс-формы будет обеспечено, если

$$P_{З} > P_{\Phi} \text{ и } P_{З} = kpF,$$

где $P_{З}$ - сила замыкания; $k = 1{,}2 \div 1{,}3$ - коэффициент запаса.

Обычно для менее вязких перерабатываемых материалов принимают $p = 10 \div 20$ МПа, а для более вязких $p \le 45$ МПа.

Механизмы замыкания пресс-формы подразделяются на гидравлические, пневматические и комбинированные. В зависимости от конструкции пресс-формы механизм замыкания может состоять из одной, двух и более кинематических цепей.

Гидравлические и пневматические механизмы непосредственно через шток осуществляют силовое замыкание частей пресс-формы. С целью получения выигрыша в силе применяют кинематическое замыкание, снабжая гидравлические или пневматические механизмы дополнительными рычажными системами с жестким силовым замыканием кинематической цепи.

Наиболее ответственным этапом проектирования пресс-форм является расчет и конструктивное оформление литниковых каналов. Используют различные варианты расположения впускных литниковых каналов в пресс-формах для литья одних и тех же деталей и изделий. Число впускных литниковых каналов определяется конфигурацией отливаемой детали, его толщиной, вязкостью расплава или резиновой смеси и допустимыми потерями давления в литниковой системе. Для литья толстостенных изделий с небольшой площадью поверхности (например, каблуков) используют один впускной канал. Для литья под давлением подошв и низа обуви предусматривают от одного до трех впускных каналов. Столько же впускных каналов используют при толщине деталей или изделий менее 3 мм, при переработке высоковязких полимеров и при необходимости уменьшить потери давления в литниковой системе или время заполнения полости пресс-формы. Литниковую систему с одним центральным литником применяют для литья высоковязких материалов, а также сравнительно массивных изделий, к которым предъявляются повышенные требования по точности их размеров (например, для точного литья обувных колодок и их деталей).

Впускные каналы размещают, например, для подошв в каблучной и геленочной частях, так как в этом случае улучшаются эксплуатационные свойства отливок. Наилучшие условия обеспечиваются при расположении впускных клапанов в плоскости, параллельной следу подошв.

Исходными данными при расчете являются реологические и теплофизические свойства перерабатываемых материалов, температурные режимы переработки, размеры полости литьевой формы, длины $L_{К}$ литниковых каналов и объем $V_{М}$ впрыскиваемого материала. Длина $L_{К}$ литниковых каналов определяется конструкциями литьевой формы и литниковой системы. Объем $V_{М}$ впрыскиваемого материала складывается из объема V_{Φ} полости литьевой формы и объема $V_{К}$ каналов литниковой системы. Обычно $V_{К} = 10 \div 15$ % объема V_{Φ}.

Течение полимерных расплавов при заполнении полости пресс-формы может осуществляться либо в режиме с постоянной объемной скоростью ($Q = \text{const}$), либо в режиме первоначально постоянной, а затем убывающей скорости. При литье большинства деталей обуви (подошв, каблуков, деталей колодок и т.п.), являющихся толстостенными изделиями, заполнение полости пресс-формы происходит в режиме $Q = \text{const}$.

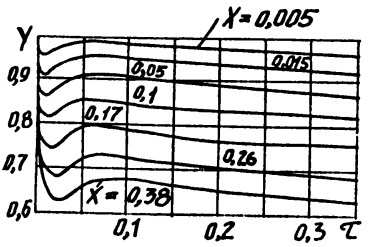


Рис. 7.2.6. Зависимости Y от τ при течении расплава полимера в режиме Q = const

При проектировании, с учетом практических и экономических соображений, выбирают время заполнения полости пресс-формы расплавом полимера $t_в$ = 0,3 ÷ 10 с. Объемная скорость заполнения полости пресс-формы $Q = V_м / t_в$. Безразмерный параметр, соответствующий объемной скорости Q,

$$X = \pi L_к \alpha_т / Q,$$

где $\alpha_т$ - коэффициент температуропроводности расплава полимера.

Нестационарный процесс затвердевания термопластичного расплава на внутренней поверхности канала с радиусом $r_к$ приводит к тому, что течение расплава осуществляется через проходное сечение с изменяющимся радиусом y.

По графикам зависимости безразмерного радиуса $Y = y / r_к$ проходного сечения канала от безразмерного времени $\tau = \alpha_т t / r_к^2$ для рассчитанного значения X (рис. 7.2.6) определяют безразмерное время $\tau_з$ заполнения полимерным расплавом полости пресс-формы. Величина $\tau_з$ выбирается такой, чтобы соответствующее значение $Y_з$ не превышало $Y_{кр}$ = = 0,8.

Минимально допустимый радиус канала $r_{к\,min} = \sqrt{\alpha_т t_в / \tau_з}$. Радиус $r_{к\,min}$ является лишь нижним пределом искомого размера, исключающего преждевременное затвердевание расплава полимера в литниковых каналах. Поэтому для окончательного выбора радиуса канала следует убедиться, что потери давления в нем являются допустимыми.

Потери давления в канале радиусом $r_к$ > > $r_{к\,min}$:

$$\Delta p_к = 2\mu_0 L_к \exp\left(\frac{U}{RT_р}\right)\left[\frac{(n+3)Q}{\pi y_з^{n+3}}\right]^{1/n},$$

где μ_0 - коэффициент пропорциональности в степенном законе течения расплава; R - универсальная газовая постоянная; $T_р$ - температура расплава полимера; U - энергия активации вязкого течения; n - индекс течения полимерного расплава; $y_з$ - радиус проходного сечения канала в момент окончания заполнения полости формы; $y_з = Y_з r_к$.

Если потери давления $\Delta p_к$ в канале окажутся недопустимо велики, то следует задаться бо́льшим значением $t_в$ или увеличить $r_к$ и повторить расчет. Аналогично можно рассчитать литниковые каналы, работающие в режиме с убывающей объемной скоростью течения расплава, который характерен для формования тонкостенных деталей и узлов верха обуви.

Глава 7.3

ПРОИЗВОДСТВО ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ НА РУЛОННОЙ ОСНОВЕ

Мягкую искусственную кожу на рулонной основе получают каландрованием, кашированием, ламинированием и пропитыванием. При пропитывании проникновение полимерной композиции в основу может быть как сквозным, так и поверхностным (наносный метод). Часто сквозную пропитку сочетают с последующим нанесением лицевого слоя и отделкой. Кроме того, применяют сочетания нескольких методов, например каландрового и наносного.

7.3.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОПИТКИ

Сквозную пропитку проводят в пропиточных ваннах различных конструкций. Для кратковременной пропитки широко используют пропиточные ванны, объединенные с каландром - так называемые плюсовки (рис. 7.3.1, *а*). Основа *1* после тормозных роликов *4* поступает в пропиточную ванну *3*, проходит между валками каландра *2* и снова возвращается в ванну. Окончательный отжим избытка пропитывающего состава происходит между средним и верхним валками каландра.

Продолжительную пропитку, необходимую при использовании более вязких композиций, проводят в пропиточной ванне, в которой основа с помощью направляющих валиков образует внутри раствора несколько петель. Таким образом увеличивается время пропитки. Нетканые волокнистые основы, обладающие меньшей прочностью, целесообразно пропитывать в ваннах с погруженными в дисперсию или раствор транспортирующими валками (рис. 7.3.1, *б*). Основа *1*, подаваемая в ванну *5* питающими валками *2*, пропускается между валками *3*, которые не только транспортируют основу, но и вследствие периодического сжатия и освобождения участков холста активизируют процесс проникновения пропитывающей

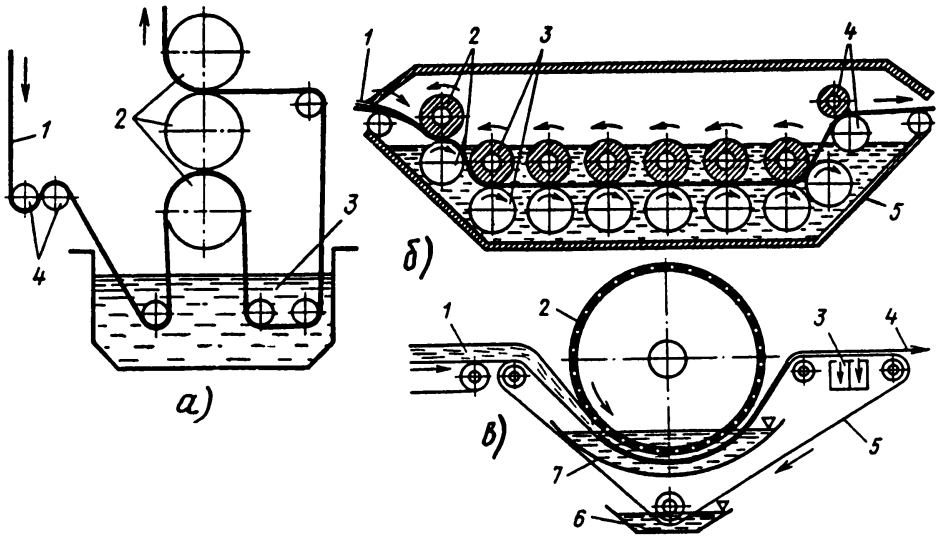


Рис. 7.3.1. Схемы пропиточных устройств

композиции внутрь его. Верхние валки в ванне имеют резиновое покрытие. Изменяя силу их прижатия к нижним рифленым валкам, регулируют количество раствора или дисперсии, остающееся в холсте. Валки *4* обеспечивают окончательный отжим основы.

Лучшие результаты получаются при использовании ванн, в которых пропитывающая жидкость проникает в холст под действием разности давлений (рис. 7.3.1, *в*). Непропитанная основа *1* протаскивается в ванне *7* между перфорированным вакуумным барабаном *2* и металлической сеткой *5*. Вследствие разрежения в барабане раствор проходит через сетку и активно проникает внутрь основы. Избыток пропитывающего состава удаляется вакуумным отсосом *3*, а готовый материал *4* поступает на следующую операцию. Ванночка *6* служит для очистки сетки.

При хорошем и равномерном смачивании время свободной пропитки

$$t = \frac{3\eta\kappa}{\alpha\cos\beta d}\left(\frac{l}{2}\right)^2,$$

где η - динамическая вязкость пропитывающего состава; κ - коэффициент, учитывающий отклонение действительной формы каналов от идеальной щели; α - поверхностное натяжение состава; β - статический краевой угол смачивания материала основы составом; d - толщина каналов, по которым происходит проникновение состава в основу; l - толщина основы.

Значения параметров κ и d определяются структурой основы.

Обычно время капиллярного проникновения значительно меньше времени нахождения материала в ванне. Поэтому поры материала на выходе его из ванны можно считать заполненными полностью. Тогда количество пропитывающего состава в капиллярах

$$K_{\text{кап}} = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}\frac{\rho_c}{\rho_в},$$

где ε - пористость материала; ρ_c и $\rho_в$ - плотность состава и волокна основы.

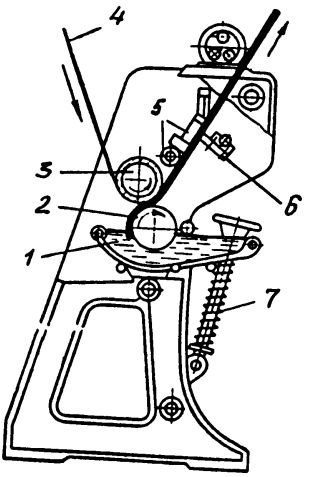


Рис. 7.3.2. Схема валковой наносной машины с забором грунта из ванны

Наносный метод применяют в устройствах разнообразных конструкций. Низковязкие системы наносят распылением из форсунок, щеткой, поливом из щелевых отверстий или валком, высовязкие - чаще всего наносными ножами-отсекателями (ракельными ножами или раклями). Схема простейшей валковой машины с забором грунта из ванны приведена на рис. 7.3.2. Ткань *4* проходит между намазочным *2* и прижимным *3* валками. Для разравнивания раствора (грунта) и получения слоя заданной толщины применяют ножевое устройство, состоящее из опорной пластины *5* и ракельного ножа *6*. С помощью винтов *7* регулируют глубину погружения валка *2* в ванну *1*.

Наиболее распространены агрегаты с ракельными устройствами, обеспечивающие двукратное покрытие прямым и непрямым (переносным) способами. Под прямым способом понимают непосредственное нанесение полимерной композиции на основу. При переносном способе покрытие наносится не на основу, а на подложку: сначала лицевой (наружный) слой, а затем промежуточный. Последний, еще не высохший или не желированный слой дублируется с основой. При такой технологии обеспечивается повышенное качество искусственной кожи.

Схема агрегата АХП, предназначенного для производства наносным способом монолитных мягких искусственных кож с поливинилхлоридным покрытием на текстильной или бумажной основе прямым методом, приведена на рис. 7.3.3. Основа с размоточного устройства *1* поступает к первому ракельному наносному узлу *2*, после которого с помощью цепного ширителя, предотвращающего усадку основы, полуфабрикат с нанесенным штрихом поступает в термокамеру *3*, где происходит частичное желирование слоя при температуре 140 ÷ 160 °С. Проходя через каландры *4*, материал уплотняется и по направляющим валкам подается по второму наносному узлу *5*. За это время материал частично охлаждается. Во второй термокамере 6, которая примерно в 2 раза длиннее первой, при температуре 175 ÷ 200 °С происходит желирование обоих штрихов. На выходе из термокамеры материал тиснится между валами тиснильного каландра *7*, охлаждается на барабане *8* и сматывается в рулон на намоточном устройстве *9*. Производительность агрегата до 900 м/ч, ширина готовой искусственной кожи 1400 ÷ 1600 мм. Длина агрегата достигает почти 29 м. Аналогичные характеристики имеют отечественные линии АППМ-4М и ЛЛД-1600 ИК.

Установки для нанесения покрытий переносным методом состоят практически из тех же узлов, что и агрегаты, в которых применяется прямой метод. Поэтому перечисленные выше линии (кроме АХП) и аналогичные им агрегаты пригодны для производства искусственных кож покрытием как прямым, так и переносным методом. В качестве подложки в них используют специальную бумажную ленту или специальные ткани с силиконовым покрытием. Схема двухштриховой установки для нанесения покрытий переносным способом приведена на рис. 7.3.4. Такие машины

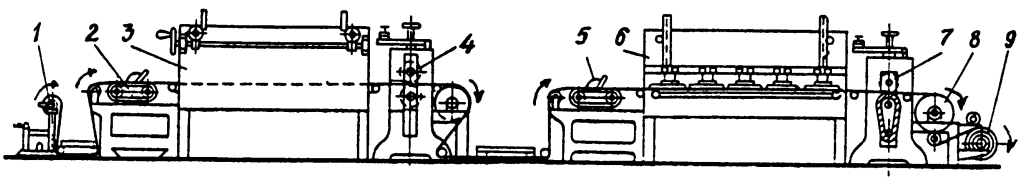


Рис. 7.3.3. Схема агрегата АХП

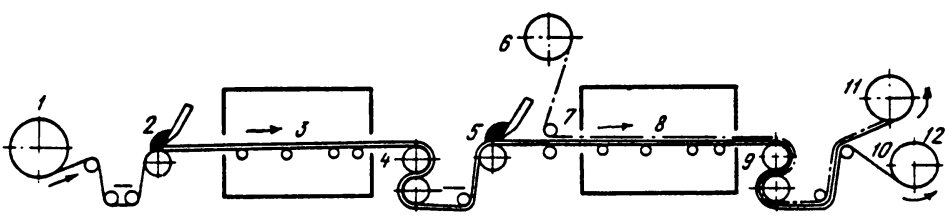


Рис. 7.3.4. Установка для нанесения покрытий переносным способом:
1 - устройство для разматывания бумаги; *2* - ракельное наносное устройство (для лицевого слоя); *3* - термокамера; *4* - охлаждающие валки; *5* - устройство для нанесения адгезионного слоя; *6* - текстильная основа; *7* - дублировочное устройство; *8* - термокамера; *9* - охлаждающие валки; *10* - устройство для отделения искусственной кожи от подложки (бумаги); *11* и *12* - намоточные устройства для искусственной кожи и подложки

экономичны лишь при неоднократном использовании бумажной подложки. Поэтому с целью предохранения ее от повреждений к устройствам для размотки, намотки и транспортирования материалов предъявляются повышенные требования. В некоторых агрегатах для переносного метода нанесения покрытий в качестве подложки применяют непрерывную стальную ленту.

7.3.2. ДУБЛИРОВОЧНЫЕ АГРЕГАТЫ

В этих агрегатах из полимерной композиции формируется пленка, которая затем дублируется с основой. Разновидностью таких агрегатов являются кашировальные машины (рис. 7.3.5).

Термопластичный материал в виде гранул, сухой смеси или пасты подается из загрузочной воронки на горячие плавильные валки *4* и *5*. При вращении валков композиция плавится или желируется. Отформованная между ними смесь в виде пленки прилипает к валу *4* и дублируется с основой между валом *4* и обрезиненным валком *3*. В качестве основы применяют ткань или бумагу. Основа поступает с размоточного устройства *6* и проходит через подогревающий барабан *7*, где разглаживается и одновременно подсушивается с целью выравнивания влажности. После дублирования происходит тиснение материала валком *2* и охлаждение на барабане *8*. Дисковые ножи *9* обрезают необработанные кромки готовой искусственной кожи, которая подается потом в намоточное устройство *1*.

Скорость каширования плавно регулируется и может достигать 40 ÷ 45 м/мин при ширине материала обычно 1,5 м. Температура нагрева плавильных валков регулируется в пределах до 200 °С и более (в отечественных машинах типа КМ, например, до 245 °С).

В агрегатах, основанных на принципе ламинирования, пленку получают с помощью экструдера с плоской щелевой головкой. Ламинатор, осуществляющий дублирование полурасправленной пленки с основой, представляет собой два валка, один из которых (большего диаметра) - полированный металлический, а второй - обрезинен прижимной. Валки охлаждаются изнутри проточной водой. Резиновая поверхность прижимного валка дополнительно охлаждается при контакте с валом. Этот способ (по сравнению с валковым) характеризуется меньшим потреблением энергии и меньшими производственными площадями, высокой степенью автоматизации. Его недостаток - сложность регулирования процесса получения пленки. Возможности совершенствования метода позволяют рассчитывать на значительное повышение производительности труда при производстве искусственной кожи с помощью таких агрегатов.

При каландровом способе получения искусственной кожи пленку изготовляют и дублируют с основой обычно на трех- или четырехвалковых каландрах. На базе этих устройств созданы целые автоматизированные комплексы, которые обеспечивают выполнение полного цикла, начиная от дозирования компонентов полимерной композиции. Линия для производства искусственной кожи с ПВХ-покрытием приведена на рис. 7.3.6. Она включает интенсивный смеситель *1*, вальцы *2* пред-

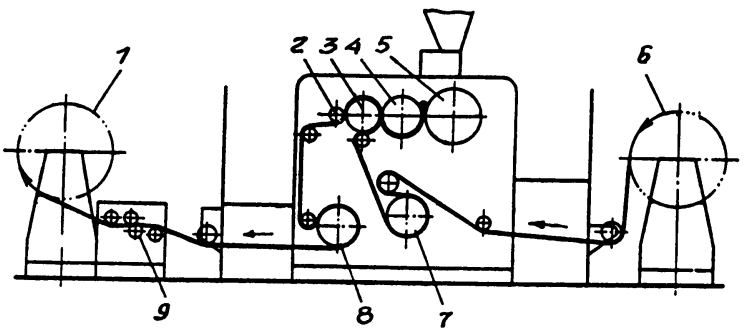


Рис. 7.3.5. Схема кашировальной машины

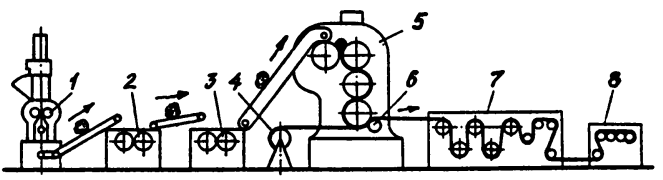


Рис. 7.3.6. Схема каландровой линии для производства искусственной кожи с ПВХ-покрытием

варительного формования, питательные вальцы *3*, четырехвалковый каландр *5*, охлаждающее *7* и намоточное *8* устройства. Готовая гомогенезированная смесь, проходя через зазоры между подогреваемыми паром валками каландра, формируется в виде бесконечной ленты, строго калиброванной по толщине и ширине. Основа, поступающая с размоточного устройства *4*, дублируется с этой лентой между нижним валком каландра и обрезиненным прижимным валом *6*. Скорость каландрования 30 ÷ 40 м/мин.

После намотки рулон с ПВХ-покрытием снимается с намоточного устройства и подвергается термической обработке. Для этой цели материал пропускается через многозонные (до восьми зон) термокамеры, где покрытие желируется. Камера обогревается горячим воздухом с температурой, регулируемой по зонам от 50 до 250 °С. Материал охлаждается обдувом из сопл или с помощью охлаждающих барабанов, и готовая кожа сматывается в рулон.

Прерывность каландрового способа производства винилискожи объясняется большим различием скоростей обработки материала на каландрах (до 40 м/мин) и в термокамере (максимально 20 м/мин).

Некоторые кожи с ПВХ-покрытием можно получить и без термической обработки.

7.3.3. НАНОСНЫЕ УСТРОЙСТВА

Выбор способа нанесения покрытия на рулонную основу влияет на эффективность таких операций, как сушка, желирование. Так, при ракельном нанесении покрытий можно использовать составы 40 %-ной концентрации, а при поливе она не должна превышать 10 ÷ 20 %. В то же время на каландрах и на валковых кашировальных машинах можно наносить полимерные композиции вообще без растворителей.

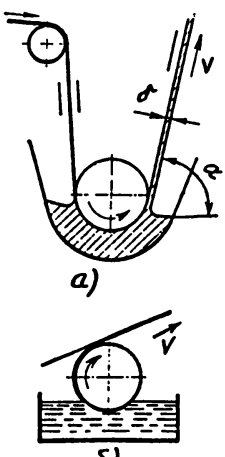


Рис. 7.3.7. Схемы гравитационных способов нанесения покрытий

Простейшими наносными устройствами являются гравитационные. На рис. 7.3.7 приведены схемы способов гравитационного нанесения покрытий: прямой (рис. 7.3.7, *а*) и обратный (рис. 7.3.7, *б*). В первом случае основа, движущаяся со скоростью v и огибающая частично погруженный в раствор валок, смачивается этим раствором. После стекания части жидкости на основе остается слой полимерной композиции, толщина которого

$$\delta = \delta_{max}\left[1 - \frac{1}{3}\frac{\rho g \sin\beta}{\mu_э v}\delta_{max}^2\right], \qquad (7.3.1)$$

где $\delta_{max} = \sqrt{\frac{v\mu_э}{\rho g \sin\beta}}$; ρ - плотность раствора; β - угол наклона основы с покрытием к горизонтали; $\mu_э$ - эффективная вязкость раствора.

Уравнение (7.3.1) справедливо при условии

$$\mu_э v / \alpha >> 1,$$

где α - поверхностное натяжение жидкости.

При обратном соотношении $\mu_э v/\alpha << 1$ необходимо учитывать влияние капиллярного давления мениска, образующегося в зоне контакта с ней основы. Тогда толщина слоя покрытия

$$\delta = \frac{0{,}94}{\sqrt{1+\cos\beta}}\frac{\sqrt[3]{(\mu_э v)^2}}{\sqrt{\rho g}\sqrt[6]{\alpha}}. \qquad (7.3.2)$$

Эта формула может быть использована для определения толщины слоя лака при покрытии им искусственной кожи и других материалов.

В гравитационных системах прямого способа нанесения покрытия толщину слоя δ можно регулировать изменением вязкости массы, скорости движения основы или угла α (рис. 7.3.7, *а*). Однако это не всегда удобно. Поэтому стали применять сопловые устройства, в которых равномерный поток воздуха, направленный под углом к нанесенному слою жидкости, ускоряет ее стекание. Толщина слоя регулируется интенсивностью и углом подачи струи. Однако такой способ регулирования имеет ограниченные пределы: недостаточное давление струи ведет к плохому разравниванию слоя, а слишком высокое - к вспениванию и преждевременному его высушиванию. Иногда излишек толщины слоя снимают с помощью неподвижного ножа.

В гравитационных системах переносного способа нанесения покрытий чаще всего устанавливают набрасывающие валки (рис. 7.3.7, *б*), частично погруженные в ванну с запасом массы грунта, которые поднимают ее слой, прилипший к поверхности, и переносят его на

основу. Под действием собственного веса часть слоя стекает обратно в ванну. При движении материала по цилиндрической поверхности угол α стока постоянно меняется. Поэтому формулы (7.3.1) и (7.3.2) дают в этом случае весьма приближенные результаты. Если брать в качестве расчетного угол между касательной к валу в точке выхода его поверхности из жидкости к горизонтали, то лучшее приближение расчетных данных к фактическим получается для композиций малой вязкости. Толщина получаемого слоя в этом случае невелика.

Для нанесения достаточно толстого покрытия применяют так называемые валки пико, имеющие на поверхности точечную гравировку (насечку), которая увеличивает толщину поднимаемого валом слоя.

Из щелевых систем нанесения покрытий наибольшее распространение получили ракельная и валковая. В поливочных машинах применяют так же фильерные системы. В них жидкость в виде непрерывной завесы вытекает из узкой длинной щели и ровным слоем ложится на непрерывно движущуюся поперек щели подложку. Так получают, например, лаковые кожи. Применение фильерных систем весьма ограничено ввиду сложности очистки аппаратуры (насосов, трубопроводов, самой щели и т.д.). Давление в фильере

$$p = \frac{4\mu_э G l}{\rho g h_0^3 B t},$$

где G - расход массы за время t; B - ширина щели; h_0 - ширина щелевого зазора; l - длина насадки фильеры (высота щели); ρ - плотность состава.

Скорость движения основы согласуется со скоростью стекания массы и наряду с показанными выше параметрами определяет толщину покрытия. Расстояние между щелью фильеры и поверхностью основы должно быть как можно меньше (10 ÷ 15 мм) с целью предупреждения разрывов в пленке и предотвращения ее отрыва от основы.

Минимальная линейная плотность орошения [м^3/(м^2 · с)], обеспечивающая образование сплошного покрытия,

$$\Gamma = \frac{2}{3}\left[\frac{\alpha(1-\cos\beta)\nu^{4/15}}{\rho^{1/3} g}\right]^{5/8},$$

где α - поверхностное натяжение жидкости; β - статический краевой угол смачивания; ν - кинематическая вязкость жидкости.

Простейшую раклю можно представить в виде пластины (ножа), установленной вертикально поперек движения основы. Ее нижняя кромка параллельна поверхности основы. Грунт в зазор между ними поступает из его запаса, находящегося перед раклей. Толщина покрытия при применении такой ракли

$$\delta = \frac{h_0}{2} + \frac{h_0^3 p}{12\mu_э l v}, \qquad (7.3.3)$$

где h_0 - высота щелевого зазора между раклей и основой; p - давление массы перед щелью; l - толщина ножа; v - скорость движения основы.

Выражение (7.3.3) получено в предположении линейного распределения скоростей движения слоев массы в зазоре. На практике слой массы, примыкающей к основе, часто подвергается меньшему сдвигу. Поэтому получаемая в действительности толщина покрытия обычно больше расчетной. При применении, например, в качестве покрытия раствора полиэфируретана в диметилформамиде эта разница составляет 20 ÷ 24 %.

Толщина слоя пленки на основе и силы сцепления между ними зависят не только от свойств основы и грунта, запаса массы перед ножом, но и от нормального давления слоя грунта в зазоре между фаской ножа и основой. Увеличение давления в зазоре достигают применением ножей с наклонной фаской (рис. 7.3.8).

Перед ножом *1* грунт давит на основу *2* только своим весом. Благодаря высокому трению грунта об основу он увлекается основой под кромку ножа. Встречая на пути наклоненную под углом α фаску, грунт, обладающий высокой структурной вязкостью и некоторыми свойствами твердого тела, оказывает на нее повышенное давление. Наибольшее его значение наблюдается в точке, отстоящей на расстоянии x от передней грани ножа:

$$x = \frac{h_н l}{h_н + h_0}.$$

Повышенное давление вследствие увеличения расхода грунта и деформации основы увеличивает толщину покрытия. Одновременно усиливается адгезия между основой и покрытием.

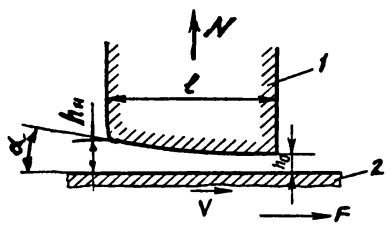


Рис. 7.3.8. Схема нанесения покрытия на жесткую подложку с помощью наносного ножа

Распорная сила, обусловленная этим давлением,

$$N = \frac{6\mu_э v b}{\mathrm{tg}^2\alpha}\left(\ln\frac{h_н}{h_0} - 2\frac{h_н - h_0}{h_н + h_0}\right),$$

где b - ширина покрытия; α - угол наклона кромки ножа.

Максимальное значение силы N при $h_н / h_0 \approx 2{,}2$

$$N_{max} = \frac{\mu_э v l}{h_0^2} b.$$

При больших значениях $h_н / h_0$ возникает некоторый обратный поток массы по фаске у передней плоскости ножа, препятствующий росту давления в зазоре.

Сила вязкого трения, которую необходимо преодолеть в зазоре между фаской ножа и основой при ее перемещении,

$$F = \frac{2\mu_э Q l}{h_0^2} b,$$

где Q - расход грунта на покрытие, м^3/с.

На качество покрытий влияет форма ракли. Некоторые формы ножей, применяемых для нанесения покрытий, показаны на рис. 7.3.9. Рекомендации по выбору оптимальной формы ножа для каждого конкретного случая отсутствуют. Тем не менее для получения тонких покрытий целесообразно использовать тонкий нож с острой заточкой. Широкие (т.е. толстые) ножи с закругленным торцом применяют для нанесения толстых покрытий из вязкого материала на прочные тяжелые ткани.

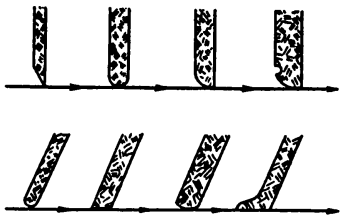


Рис. 7.3.9. Формы ножей, используемых для нанесения покрытий

Основа под ножом перемещается по опоре, которая может быть жесткой или мягкой. В качестве жесткой опоры чаще всего служит вращающийся стальной вал. При этом используют очень широкие ножи (более 20 мм). Толщина наносимого слоя регулируется высотой щели между ножом и валом. Вместо вала может быть установлена и металлическая плита. Недостатком наносных устройств этого типа является разнотолщинность наносимого слоя при колебаниях толщины основы и подложки. Поэтому он характерен в основном для агрегатов перéносного метода при нанесении высоковязких покрытий за один проход.

"Мягкий стол" представляет собой вал с резиновым покрытием или обрезиненный конвейер и применяется чаще всего в агрегатах прямого метода нанесения вязких покрытий в несколько штрихов (рис. 7.3.10). Основная его часть состоит из опорных валов *2*, приводящих в движение резиновый конвейер (чехол) *10*, натяжение которого осуществляют перемещением одного из валов *2* маховиками *1* через винтовые передачи. Основу пропускают между чехлом *10* и ножом *4*, прикрепленным к специальному жесткому ножедержателю *9*. Угол

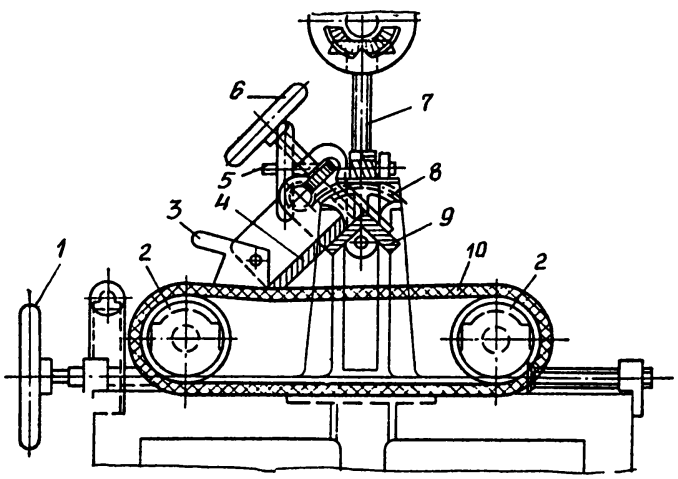


Рис. 7.3.10. Схема наносного устройства

поворота ножа увеличивают или уменьшают, изменяя маховиком *5* положение сектора *8* на оси ножедержателя. Винтовые механизмы *7* изменяют положение ножа по высоте. Для предупреждения растекания массы служат щечки *3*, положение которых на ткани регулируют с помощью маховичков *6*. Толщина покрытия в этом устройстве зависит не только от положения ножа по высоте, но и от натяжения ленты конвейера.

Рекомендуемая толщина ножей для машин с обрезиненным конвейером 3 ÷ 20 мм. Для нанесения, например, первых вязких (мастичных) грунтов нитропокрытия применяют ножи с наклонной фаской 10 ÷ 15 мм, менее вязких (средних) слоев - ножи с фаской 7 мм, а для покрытия маловязким лаком - ножи с фаской до 5 мм.

Так называемую воздушную (безопорную) раклю используют для нанесения покрытий из низковязких растворов и дисперсий. Нож стационарно закреплен над движущейся основой, которая имеет заранее заданное натяжение и опирается на два валка, расположенных соответственно перед раклей и за ней, Толщина наносимого слоя определяется натяжением основы, формой и шириной ножа, а также вязкостью материала. Особое внимание следует уделять натяжению основы, так как сила натяжения F в заданном случае определяет силу N давления основы на фаску ножа:

$$N = F(\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2),$$

где α_1 и α_2 - углы наклона подложки к горизонтали на участках до контакта с ножом и после.

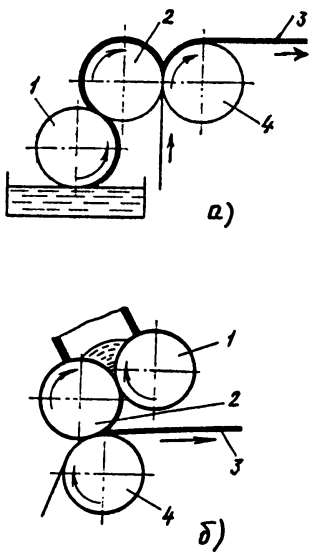


Рис. 7.3.11. Валковые наносные устройства

Валковые наносные системы, получившие наиболее широкое распространение, можно разделить на две основные группы: с попутным наносным валком (рис. 7.3.11, *а*) и со встречным наносным валком (рис. 7.3.11, *б*). Обе группы наносных систем могут быть как прямыми, так и переносными. Чаще всего применяют переносные системы, в которых слой покрытия формируется в зазоре между наносным (калибрующим) *1* и переносным *2* валками, а затем поступает на основу *3*, которая опирается на валок *4*. В системе с попутным валком валки *1* и *2* в зазоре вращаются в одном направлении, а в системе со встречным валком - навстречу друг другу.

Системы с попутным валком используют обычно для нанесения растворов, дисперсий и термопластических масс невысокой вязкости. При нанесении термопластичных пленок валки подогревают до определенной температуры, что способствует пластикации или расплавлению материала. В системах со встречным валком масса подвергается значительным деформациям сдвига в зазоре между валками. Поэтому их можно применять для нанесения псевдопластических масс с меньшим содержанием растворителя и с большей эффективной вязкостью. В этих системах при том же формующем зазоре, что и в машинах с попутным валком, можно наносить меньший слой покрытия вследствие образования обратного потока массы у наносного валка. Таким образом, толщина покрытия регулируется как установкой зазора, так и изменением частоты вращения наносного валка. Толщина наносимых пленок может быть менее 0,1 мм при ширине основы до 1300 ÷ 1600 мм и скорости ее подачи 30 ÷ 120 м/мин.

Распорная сила между формующими из псевдовязкого материала пленку валками для случая, когда валки вращаются в одну сторону и их диаметры равны,

$$N = (1+\beta) b æ \sigma_т \sqrt{\frac{R}{\Delta h}} \frac{h_{нс}}{\delta - 1}\left[\left(\frac{h_{нс}}{h_к}\right)^{\delta} - 1\right],$$

где $\delta = \mu_э / \operatorname{tg}\alpha/2$; $\Delta h = 2R(1 - \cos\alpha)$; $h_{нс} =$

$$= h_к \left[\frac{1 + \sqrt{1 + \left(\delta^2 - 1\right)\left(\frac{h_н}{h_к}\right)^{\delta}}}{\delta + 1}\right]^{1/\delta}$$; β - коэффициент расширения ленты в зазоре; при формовании пленки принимают $\beta = 1$; b - ширина пленки; $æ = 1{,}15$ - коэффициент, учитывающий распределение напряжений в материале; $\sigma_т$ - предел текучести материала; R - радиус

валков; $h_к$ - зазор между валками; $h_н$ - начальная толщина материала, затягиваемого в зазор; α - угол захвата.

У наносных систем со встречным валком диаметр наносного и переносного стальных валков 220 ÷ 300 мм, а диаметр опорного валка около 400 мм, причем последний имеет эластичное покрытие.

7.3.4. СУШИЛЬНЫЕ И ЖЕЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Установка для сушки рулонных материалов имеет камеру, в которой поддерживается определенная температура, и устройство, транспортирующее материал внутри камеры. В зависимости от вида транспортирующих устройств обеспечивается сушка в свободном ненапряженном или в предварительно растянутом состоянии. Для свободной сушки применяют так называемые петельные сушилки, в которых материал высушивается горячим воздухом в подвешенном на шестах состоянии (в виде свободных петель). Шесты внутри камеры перемещаются с помощью несущих их цепей. Длительность сушки материалов с покрытием в таких устройствах составляет 15 ÷ 20 мин. С помощью соплового обдува высушиваемой поверхности его можно сократить до 5 ÷ 6 мин. Высушенный в такой сушилке материал имеет повышенное остаточное и относительное удлинение, благодаря чему хорошо формуется.

С целью предупреждения усадки материал сушат в растянутом состоянии. В роликовых сушилках, в которых петли высушиваемой ленты натянуты на специальные направляющие ролики, достигается одноосное растяжение. При этом петли могут располагаться как горизонтально, так и вертикально. Термокамера может быть поделена на несколько секций (зон) с разными режимами сушки. Передача теплоты осуществляется также от нагретого воздуха. В таких сушилках обычно досушивают отделанные искусственные кожи.

В установках непрерывного действия при нанесении покрытий применяют сушильные каналы и каналы для желирования. Транспортируют полотно или бумажную подложку в канале ведущими валками, несущей штангой или сетчатой лентой. Для предупреждения усадки по ширине применяют и так называемые шпанрамы. Шпанрама снабжена цепями, на которых укреплены зажимы для кромок материала - клуппы. На входе в сушилку кромки ткани захватываются клуппами, по мере движения цепей ткань растягивается, так как расстояние между цепями постоянно увеличивается.

Последнее достижение - транспортировка материала в канале на воздушной подушке. Необходимые для поддержания полотна во взвешенном состоянии объемный расход воздуха Q и скорость v его истечения из сопл, расположенных под полотном:

$$Q = \frac{L}{l} S\mathrm{v}; \quad \mathrm{v} = \sqrt{\frac{2Ghg}{\rho Q}},$$

где L - длина канала; l - расстояние между соплами; S - площадь поперечного сечения сопла; ρ - плотность воздуха; h - минимальная высота материала над соплами; G - производительность сушилки, кг/с.

Сушильный или желировальный канал в большинстве случаев обогревается воздухом, который нагревается с помощью ребристых трубчатых или пластинчатых теплообменников. Для достижения температуры желирования 170 ÷ 180 °С применяют пар высокого давления (около 2 МПа) или масляный теплоноситель, а для более низких температур - пар низкого давления или горячую воду.

Канал обычно разделяют на несколько зон (длина зоны в желированном канале обычно 3 ÷ 10 м), в каждом из которых создается свой режим сушки. Поток воздуха может совпадать с направлением движения материала или быть направленным навстречу ему. Большинство современных сушильных установок снабжены вертикально обдуваемыми каналами (рис. 7.3.12), которые характеризуются более эффективной теплопередачей, достигаемой вследствие повышенной скорости сушки и возможности лучшего регулирования условий сушки.

Продолжительность процесса сушки и, следовательно, производительность сушильной установки определяется площадью установки, которая зависит от длины канала, а также температурой и скоростью воздуха в канале или при выходе из сопл. Обычно скорость воздуха 10 ÷ 30 м/с; в некоторых установках она достигает 50 м/с.

Электрический обогрев осуществляется косвенно через масляный теплоноситель либо с помощью инфракрасного излучения. Для обогрева инфракрасными лучами служат главным образом трубчатые нагревательные элементы (ТЭНы). Из них составляют по необходимости включаемые и выключаемые нагрева-

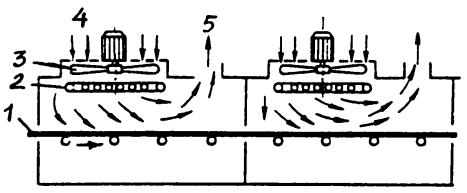


Рис. 7.3.12. Схема вертикального обдуваемого канала сушильной установки:
1 - высушиваемый материал; *2* - нагревательный регистр; *3* - вентилятор; *4* - подводимый воздух; *5* - отработанный воздух

тельные секции. Такие установки отличаются низким энергетическим КПД и поэтому применяются сравнительно редко, главным образом для отверждения различных отделочных покрытий при производстве искусственной кожи.

Непосредственный обогрев материала осуществляют также газовыми либо масляными горелками, которые расположены прямо в канале. Этот вид обогрева характеризуется максимальным КПД и применяется главным образом для каналов желирования и сушки покрытий без растворителей.

Высокочастотный обогрев микроволнами (с частотой до 2400 Мгц) пока не получил широкого распространения при производстве искусственных кож, так как по стоимости не может конкурировать с традиционными.

В ряде случаев для термообработки рулонных материалов, например для вулканизации прорезиненных тканей, применяют контактные сушилки, в которых передача теплоты осуществляется вследствие контакта ленты с поверхностью подогреваемых изнутри паром или горячей водой полых вращающихся цилиндров. Число таких цилиндров в машине может достигать нескольких десятков.

При проектировании сушилок время сушки определяют, как правило, на основе опытных данных. Необходимое для сушки количество теплоты можно определить . из уравнения теплового баланса сушилки, которое составляется на 1 час ее работы:

$$Q_т + Q_н = Q_м + Q_в + Q_п,$$

где $Q_т$ - теплота, передаваемая материалу теплоносителем; $Q_н$ - теплота, которую необходимо передать материалу дополнительными нагревательными элементами (в случае, если они применяются); $Q_м$ - теплота, затраченная на нагрев материала; $Q_в$ - теплота, затраченная на испарение и нагрев влаги; $Q_п$ - теплота, потерянная в окружающую среду.

Значения составляющих $Q_т$, $Q_н$, $Q_м$, $Q_в$ и $Q_п$ в этом уравнении определяются по известным уравнениям теплотехники.

Для интенсификации процесса сушки применяют и сушилки с комбинированным подводом теплоты, например канальные, с тесно установленными на небольшом расстоянии от ленты инфракрасными излучателями в сочетании с энергичным противотоком горячего воздуха. В результате скорость процесса повышается и движение материала в канале может быть увеличено до нескольких сотен метров в минуту.

7.3.5. НАМОТОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Намоточные устройства предназначены для сматывания готовой искусственной кожи в рулоны. Аналогичные устройства применяют и для подачи основы или подложки в агрегаты производства искусственной кожи из рулонов. Используют намоточные устройства двух основных видов: в первом рулон вращается вследствие контакта с намоточным барабаном (барабанами), во втором материал наматывается на вращающуюся ось.

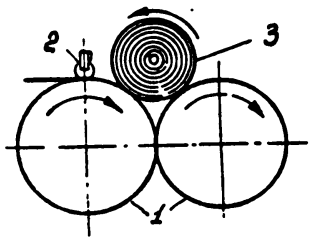


Рис. 7.3.13. Схема намоточного устройства

Схема простейшего устройства первого типа показана на рис. 7.3.13. Рулон *3* уложен на накаточные валки *1*, вращающиеся с постоянной скоростью в направлении стрелок. Счетчик *2* служит для измерения длины l полотна в рулоне. Длина l и диаметр D рулона связаны соотношением

$$D = \sqrt{\frac{4\delta l}{\pi} + d^2},$$

где δ - толщина материала; d - диаметр скалки (гильзы) рулона.

Недостатком этого устройства является постепенное увеличение давления на рулон валков *1* с увеличением его диаметра. Вследствие этого изменяется вращающий момент, создаваемый силами трения и, следовательно, натяжение материала, которое необходимо поддерживать постоянным. Одновременно повышающееся давление на рулон валков *1* может привести к склеиванию слоев материала и даже к его повреждению.

В более совершенных устройствах такого типа предусматриваются механизмы, обеспечивающие постоянную силу F прижатия накаточного вала к рулону. Однако даже при постоянной силе F давление p между слоями материала в рулоне не одинаковое. Оно уменьшается с увеличением радиуса R витка. Поэтому для материалов, плохо выдерживающих давление на поверхность, необходимо увеличивать диаметр накаточной гильзы. Для определения его минимального значения рекомендуется использовать выражение:

$$p = \sigma \ln \frac{R}{r},$$

где $\sigma = \frac{F}{b\delta}$; p и σ - заданные соответственно давление на виток и напряжение в материале;

R и r - радиусы соответственно рулона и гильзы; b и δ - соответственно ширина и толщина ленты.

В механизмах осевого типа, в которых материал наматывается на ось, вращающуюся от самостоятельного привода, необходимо регулировать угловую скорость рулона с целью поддержания постоянной линейной скорости. Для регулирования угловой скорости служат гидродвигатели или электродвигатели с регулируемой частотой вращения, а также фрикционные муфты, через которые вращение от нерегулируемого привода передается от рулона. Постоянная окружная скорость при этом достигается вследствие проскальзывания трущихся поверхностей муфты. В процессе работы муфта быстро нагревается, поэтому для нее предусматривают специальную систему охлаждения.

Тормозные муфты применяют и в размоточных устройствах для обеспечения постоянного натяжения ленты. В одном из таких устройств используется пневматический цилиндр. Регулирование тормозного момента и соответственно натяжение ленты в этом устройстве (рис. 7.3.14), осуществляется изменением давления воздуха. Щуп *1*, выполненный в виде рычага с вращающимся роликом, под действием пневмоцилиндра *2* постоянно прижат к вращающемуся рулону *3*. По мере изменения диаметра рулона рычаг щупа поворачивается вместе со скрепленным с ним кулачком *4* относительно оси кулачка. Поворачиваясь, кулачок изменяет соответствующим образом через пневмопреобразователь *5* давление сжатого воздуха в магистрали T, питающей тормозной цилиндр.

Расчет программы управления заключается в определении профиля кулачка *4* из условия, чтобы в каждый данный момент времени момент $M_т$ торможения соответствовал его значению, определяемому уравнением

$$M_т = M_р + M_{дин} - M_о,$$

где $M_р$ - рабочий момент, определяемый через заданную силу F натяжения материала и текущий радиус R_i рулона, $M_р = FR_i$; $M_{дин}$ - момент, возникающий вследствие изменения массы рулона и его угловой скорости; $M_о$ - момент трения в опорах размоточного механизма.

Моменты $M_{дин}$ и $M_о$ при заданных параметрах механизма являются функцией R_i. Момент трения в фрикционной муфте устройства

$$M_т = pSf\frac{D_c}{2}z,$$

где p - давление сжатого воздуха; S - площадь поршня; f - коэффициент трения; z и D_c - соответственно количество и средний диаметр трущихся поверхностей.

Считая

$$S\,\frac{D_c}{2}\,zf = k = \text{const},$$

получаем

$$M_т = kP.$$

На основании функции $p(R_i)$ с учетом характеристики пневмопреобразователя *10* легко рассчитать профиль кулачка, теоретически обеспечивающий постоянную силу F натяжения ленты, разматываемой с рулона.

Возможное непостоянство коэффициента трения в муфте может привести к изменениям заданного значения F, которые могут быть компенсированы подрегулирующей системой. Она имеет плавающий ролик *7*, который выполняет роль датчика, контролирующего фактическое натяжение материала, пневмопреобразователь *6* с изодромным регулятором, питающим по магистрали DT дополнительный тормозной цилиндр и дополнительный тормоз. Регулирующий блок настраивается на давление, определяющее заданное значение F. Если его фактическое значение отличается от заданного, ролик *7* компенсатора начнет перемещаться и воздействовать на пневмопреобразователь *6*. В результате давление воздуха в линии обратной связи регулирующего блока изменится и он скорректирует соответствующим образом давление в цилиндре дополнительного тормоза. В простейших случаях натяжение ленты при размотке может создаваться колодочными или ленточными тормозами.

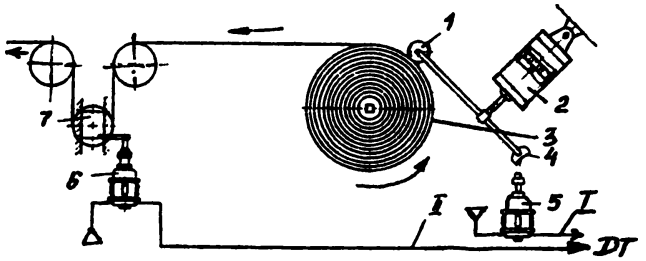


Рис. 7.3.14. Система управления тормозным механизмом

Для сокращения времени на перезаправку агрегата в современных размоточных устройствах предусмотрена возможность разматывания полотна поочередно с двух расположенных друг за другом рулонов. При работе с большими рулонами применяют поворотные размоточные устройства с двумя - четырьмя гнездами для подвешивания рулонов. При необходимости рулоны можно менять местами. Намотка готового материала проводится аналогично. Отрезание полотна и подача нового рулона осуществляются автоматически.

Для получения ровного края рулона и расправления складок материала перед намоточным устанавливают ширильно-центрирующие устройства.

Основные типы конструкций центрирующих устройств следующие:

1) вращающиеся устройства и неизменяющимися формой и положением оси - ролики с бортиками, бочкообразные ролики, ролики с канавками, ролики с иглами и т.д.; в большинстве случаев они малоэффективны;

2) вращающиеся ролики с поворотом оси вращения относительно середины ролика или одной из его опор;

3) цилиндрический секционированный ролик с индивидуальным приводом каждой секции с разными частотами вращения;

4) вращающиеся ролики с изменяющейся формой при неизменном положении оси (со сминающейся рубашкой, с гидравлическим или механическим изменением диаметра по длине - от выпуклой до вогнутой);

5) устройства, обеспечивающие поперечное перемещение рулона при раскатке и закатке.

Основные типы конструкций ширительных устройств:

1) с жестким захватом за кромку клупповыми цепями;

2) механические невращающиеся ширители - прямые прутки с навивкой или нарезкой, изогнутые прутки; в большинстве случаев эти устройства малоэффективны;

3) механические вращающиеся ширители с захватом за кромку усилием трения - наклонные диски с прижимом кромки ремнем, пары коротких цилиндрических или конических роликов, с зажимом кромки или без него, с принудительным вращением или без него;

4) механические вращающиеся ширители - бочкообразные ролики, винтовые ширители, планочные ширители и т.д.;

5) пневматические ширители со струями сжатого воздуха и гидравлические со струями пропиточного состава.

В качестве датчиков положения кромок используют разнообразные контактные и бесконтактные устройства (механические, пневматические, электрические, оптические, лазерные и т.д.). Управление ширильно-центрирующими устройствами может осуществляться вручную, автоматически самой тканью или автоматически с помощью пневматического, гидравлического или электрического привода. На современных агрегатах реализуется пропорциональный и более сложные законы автоматического регулирования, в том числе с применением микропроцессоров.

Для стыковки концов рулонов используют в основном два способа: сшивку на обычной или многоигольной швейной машине специальными нитками или укладку между концами ткани полосы сырой резины с последующей ее вулканизацией на стыковочном прессе. Такие прессы развивают усилием до 2,5 ÷ 45 МН при давлении в гидросистеме 15 ÷ 25 МПа. Температура плит пресса 180 ÷ 250 °С. Применяют и комбинацию обоих методов. Зарубежные линии оснащают чаще всего восьмиигольными швейными машинами.

В современных универсальных линиях заправочная длина основы может составлять тысячи метров. Тяговая сила, развиваемая описанными выше намоточными устройствами, для транспортирования материала в этих линиях оказывается недостаточной. Поэтому в высокоскоростных многозонных линиях используют сложные автоматизированные системы многодвигательного привода. В транспортировании участвуют специальные тянульные станции, каландры, валы охлаждающих и сушильных барабанов и т.п. Конструкция пятивалковой тянульной станции приведена на рис. 7.3.15.

Для поддержания заданного натяжения материала между тянульными устройствами регулируется угловая скорость приводных двигателей. Скорость валков одной из тянульных станций при этом является задающей, а скорость остальных - регулируемой. В про-

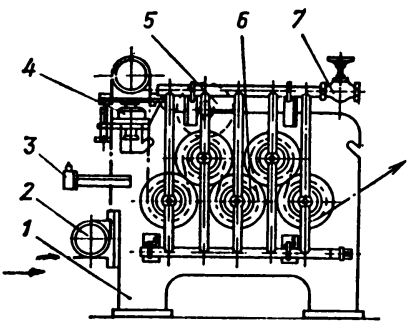


Рис. 7.3.15. Пятивалковая тянульная станция:
1 - станина; *2* - обводной ролик; *3* - устройство аварийного отключения; *4* - датчик натяжения материала; *5* - счетчик метража; *6* - приводной валик; *7* - система подвода и отвода воды

стейшем случае регулирование происходит по отклонению плавающего валка, связанного с сельсином. Сила натяжения материала, обеспечиваемая плавающим валком, создается с помощью груза, пневмо- или гидроцилиндра. В наиболее современных системах регулирования скорости используют специальные датчики натяжения и удлинения материала. Есть попытки применения в качестве управляющих приборов устройств для непрерывного измерения модуля растяжения обрабатываемого материала.

Плавающий валик выполняет также роль компенсатора изменения длины материала между тянущими устройствами. Для обеспечения непрерывной работы линий при выполнении периодических операций смены рулонов на закатке и раскатке применяют специальные компенсаторы - накопители. Их емкость рассчитывают исходя из времени выполнения соответствующей операции. Обычно резерв времени колеблется от 40 с до 2,5 мин. Наиболее распространены петельные компенсаторы-накопители, которые действуют по тому же принципу, что и плавающий валик. Однако в отличие от последнего они образуют не одну, а несколько петель материала, формирующихся между неподвижными валами и валами, расположенными на подвижной каретке. Подвижная каретка, как и плавающий валик, перемещается в вертикальных направляющих.

Глава 7.4

ПРОИЗВОДСТВО КОЖЕВЕННОГО КАРТОНА

Кожевенный картон получают путем формирования волокон проклеенной волокнистой массы из водной среды или смеси волокон сухого размола в лист или полотно. При мокром способе производства получают однослойные и многослойные картоны путем отлива волокнистой массы на неподвижную или движущуюся сетку. Для этой цели применяют плоскосеточные и цилиндровые картоноделательные машины, а также прессы. Около 60 % картонов получают способом однослойного отлива.

При сухом способе производства картона применяют технологию и оборудование, характерные для производства нетканых волокнистых материалов. В первую очередь из волокон формируется холст. Свойлачивание и уплотнение холста проводят на иглопробивной машине или с помощью термопластичных полимеров прессованием при повышенной температуре. Широкого применения сухой способ получения картона пока не получил.

7.4.1. ПРЕССЫ ДЛЯ ОТЛИВА ОДНОСЛОЙНОГО КАРТОНА

Традиционный метод получения однослойного картона предполагает его отлив на неподвижной сетке (прессы Пашке и Мюллера). На прессе Пашке разбавленная водой волокнистая масса из мерного бака *1* подается в форматный ящик *9*, не имеющий дна и расположенный над сеткой *2* нижнего конвейера (рис. 7.4.1). Сетка в это время неподвижна. Под сеткой установлен вакуумный отсасывающий ящик *8*, отфильтрованная вода и воздух из которого удаляются водокольцевым вакуумным насосом. Волокна осаждаются на сетке и формируют слой картона заданной толщины. Затем сетками *2*, предварительно уплотненный с помощью валков *7*, картон сухостью (содержанием сухого вещества) около 25 % подается в гидравлический пресс *6* и отжимается между плитами до сухости примерно 35 %. В момент отжима в отливной части машины формируется новый слой.

После прессования картон транспортируется на роликовый конвейер *5*, где с помощью поперечного ножа *4* отрезается лист заданного размера. Боковые неровные края листа обрезаются дисковыми ножами *3*. Далее листы картона подаются на сушку и отделку.

На прессе Мюллера картон отливают аналогично. Однако в отличие от пресса Пашке два форматных ящика, расположенных слева и справа от гидропресса, обеспечивают его непрерывную работу. Поэтому пресс Мюллера более производителен. Вместе с тем этот пресс менее производителен, чем современные сеточные и цилиндровые картоноделательные машины, которые успешно вытесняют из производства описанные прессы.

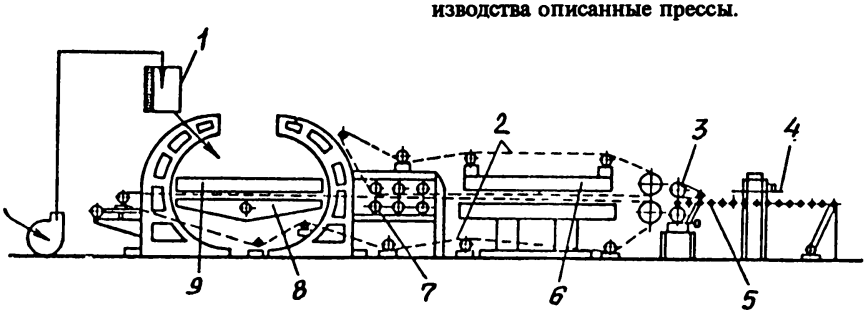


Рис. 7.4.1. Схема пресса Пашке

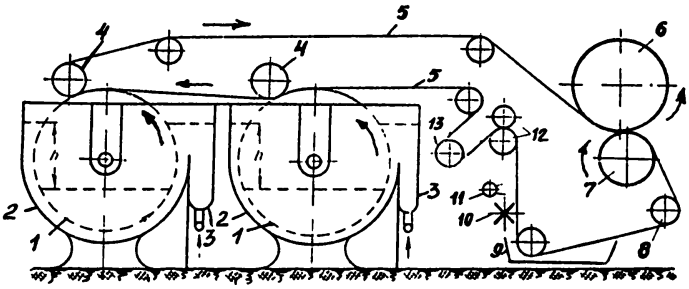


Рис. 7.4.2. Двухцилиндровая папочная машина

7.4.2. ЦИЛИНДРОВЫЕ ПАПОЧНЫЕ МАШИНЫ

Применяют одно- и двухцилиндровые папочные машины. На этих машинах получают многослойный картон путем переноса на форматный вал и соединения большого числа его элементарных слоев. Схема двухцилиндровой папочной машины приведена на рис. 7.4.2. Машина имеет две однотипные железобетонные ванны *2*, в которых расположены сетчатые пустотелые цилиндры *1*. Разбавленная волокнистая масса концентрацией 0,2 ÷ 0,3 %, очищенная от узелков и тяжелых примесей, поступает в напорные ящики *3*, а из них переливается в ванну к формующим цилиндрам. Под действием напора h происходит переход воды из волокнистой суспензии внутрь цилиндра. Волокна задерживаются и присасываются к стенке, образуя слой картона, который при вращении цилиндра перемещается вместе с ним к съемноотжимному валику *4*. Отфильтрованная вода с целью поддержания постоянного напора h из цилиндра непрерывно удаляется.

Элементарный слой непрерывно снимается с сетки цилиндра с помощью валика *4*, покрытого обычно мягкой резиной, и переносится на транспортирующую суконную ленту *5*. Под давлением съемноотжимного вала элементарный слой уплотняется и частично обезвоживается. Элементарные слои с двух барабанов соединяются и транспортируются непрерывной суконной лентой *5* к гауч-прессу, состоящему из форматного *6* и нижнего *7* валов. Здесь происходит дальнейшее отжатие воды из картона, уплотнение и склеивание отдельных его слоев, которые наматываются на форматный вал. После достижения заданной суммарной толщины слоев машина останавливается и картон разрезается вдоль образующей форматного вала специальным ножевым механизмом. Получается лист.

Лента после пресса через валик *8* поступает в моечную ванну *9*, с помощью вращающихся бил *10* и водного спрыска *11* освобождается от оставшихся на ней волокон и через отжимные валики *12* и натяжное устройство *13* направляется к формующим цилиндрам. Приводным является вал *7* (гауч-вал).

Скорость работы цилиндровых папочных машин при ручном срезе и съеме картона обычно не превышает 30 ÷ 35 м/ми. При автоматическом съеме картона с форматного вала скорость может достигать 70 ÷ 90 м/мин. Масса 1 м^2 элементарного слоя, получаемого на первом цилиндре машины, обычно составляет 90 ÷ 100 г, а на втором - 60 ÷ 70 г.

Листы картона после съема с папочной машины содержат до 70 ÷ 75 % воды. Дальнейшее их обезвоживание до содержания 45 ÷ 55 % абсолютно сухого вещества проводится на гидропрессах. Для этой цели листы укладывают в стопку и помещают между стальными плитами пресса. Современные прессы оснащены специальными платформами, на которых стопка формируется вне зоны прессования и по рельсам закатывается в пресс. Прессование проводят при постепенном или ступенчатом увеличении давления на поверхность картона до 1,5 ÷ 2,0 МПа. В отдельных случаях, когда получают особо плотный картон, давление может достигать 4,0 ÷ 5,0 МПа. Полный цикл прессования обычно составляет 2,0 ÷ 2,5 ч и более. Давление в цилиндрах пресса 40 ÷ 50 Мпа.

Окончательная сушка листового картона проводится, как правило, горячим воздухом в канальных сушилках. Такая сушилка представляет собой туннель, разделенный на несколько зон (4 ÷ 18). В каждой зоне, в которую поступает горячий воздух, поддерживается свой режим сушки: температура меняется обычно от 70 до 120 °С. Проходя через все зоны туннеля, картон высушивается до сухости 90 ÷ 95 %. Транспортирование листов картона в туннеле может осуществляться цепями в подвешенном состоянии. Однако при этом обдувка поверхностей листа неравномерная, в результате чего он коробится. Поэтому на большинстве предприятий лист в сушилке транспортируют горизонтально зажатым между роликами или двумя движущимися сетками. Горячий воздух подается сверху и снизу кон-

вейера. В результате коробление сводится к минимуму.

Продолжительность сушки зависит от типа сушилки, режима сушки и толщины картона. Например, в сушилках с горизонтальной укладкой картон толщиной 1 мм высушивается за 20 ÷ 30 мин.

Окончательная отделка картона проводится на каландрах. Применяют двух-, трех- и многовалковые каландры. Линейное давление при каландровании может изменяться в пределах 200 ÷ 1500 Н/мм. В результате картон уплотняется, повышается его плотность. Для получения картона с лощеной поверхностью применяют каландры с фрикцией.

7.4.3. ПЛОСКОСЕТОЧНЫЕ МАШИНЫ

В плоскосеточной (столовой) машине (рис. 7.4.3) элементарный слой картона получают путем фильтрации разжиженной массы через бесконечную плоскую сетку *9*, охватывающую грудной *10* и приводной *6* валы. Из напускного ящика *1* масса равномерно подается на рабочую часть сетки, поддерживаемую регистровыми роликами *8*. Над роликами располагается форматная каретка 4 с двумя толстыми и высокими резиновыми (декельными) ремнями *3*, движущимися синхронно с сеткой и препятствующими стеканию массы с ее краев. Ремни *3* в современных машинах заменены неподвижными металлическими пластинами, края которых, соприкасающиеся с сеткой, имеют резиновые кромки. Здесь же установлены форматные линейки *2* (обычно три), предназначенные для выравнивания толщины слоя массы на сетке. Сетка под форматной кареткой вибрирует, что способствует более равномерному распределению волокон по ее площади. Амплитуда колебаний достигает 12 мм, частота до 400 двойных колебаний в минуту и более.

После регистровой зоны, где удаляется до 80 % воды, волокно проходит над вакуумными отсасывающими (сосунными) ящиками *7*. Здесь оно обезвоживается до сухости 6 ÷ 14 % и поступает в гауч-пресс. В прессе слой отжимается до сухости примерно 20 %, снимается с сетки и наматывается на форматный вал *5*. После достижения заданной толщины картон разрезается, его листы снимаются с машины и отправляются на дальнейшую обработку по той же схеме, что и после цилиндровой папочной машины.

Круглосеточная машина по сравнению с плоскосеточной обеспечивает более прочное соединение элементарных слоев. Однако в картоне, полученном с ее помощью, создается ярко выраженная продольная ориентация волокон ввиду большого различия линейных скоростей массы в ванне и сеточного цилиндра. В результате прочность картона в продольном и поперечном направлениях разная. Плоскосеточная машина обеспечивает большую равномерность механических свойств и толщины картона.

7.4.4. МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РУЛОННОГО КАРТОНА

Помимо машин периодического действия, предназначенных для выпуска листового картона, широко используют агрегаты непрерывного действия, производящие картон в рулонах. В этих агрегатах отлив, прессование, сушка и отделка картона объединены в единый непрерывный технологический процесс. В результате существенно сокращаются затраты ручного труда, повышается производительность и в большинстве случаев улучшаются свойства получаемого картона.

К агрегатам, обеспечивающим непрерывный отлив однослойного картона, относится длинносеточная машина ИК-3 (рис. 7.4.4). Агрегат содержит сеточную, прессовую и сушильные части и позволяет получать картон толщиной до 6 мм.

Из лабиринтного напускного устройства *1* по каскадному сливу *2*, обеспечивающему равномерное распределение волоконной массы по ширине формуемого слоя, масса поступает на сеточную часть *3* агрегата, которая устроена и работает так же, как у плоскосеточных машин. Процессу формирования полотна способствуют бегунковый выравниватель массы и вибрация форматных линеек.

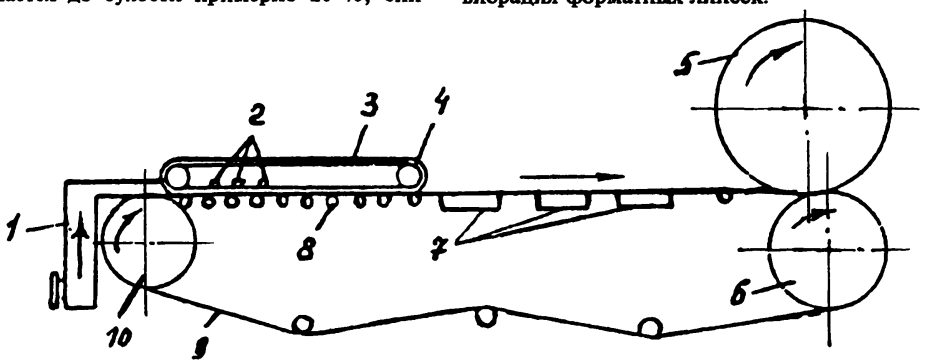


Рис. 7.4.3. Схема плоскосеточной машины

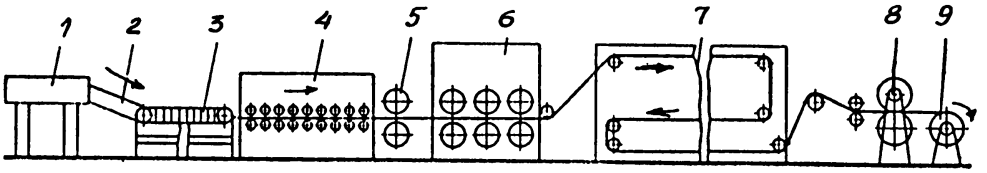


Рис. 7.4.4. Схема длинносеточной машины ИК-3

Частично обезвоженный на регистровых валиках и сосунных ящиках слой картона после сеточной части пропускается через несколько пар прессующих валков форпрессовой части *4* при постепенно повышающемся давлении между ними. Валки охвачены сетками, причем верхняя сетка охватывает только форпрессовую часть, а нижняя является общей сеточной частью агрегата. Таким образом окончательное формирование полотна осуществляется между двумя сетками.

Гауч-пресс *5* обезвоживает картон путем прессования и отсоса воды под действием вакуума, поддерживаемого в вакуумных камерах валов. Прессовая часть *6* состоит из трех валичных прессов, первый из которых отсасывающий, а остальные - обычные. Все прессы имеют верхние и нижние сукна (моншоны), предназначенные для удаления воды, транспортирования полотна и эластичного прижима в момент прессования. Сухость полотна после прессования около 35 %.

Сушильная часть *7* представляет собой камеру, внутри которой в три яруса движутся горизонтальные сетчатые конвейеры, служащие опорой для полотна. Его переход с одного конвейера на другой осуществляется с помощью специальных направляющих лотков. Сушка проводится горячим воздухом. Для обеспечения требуемых режимов сушки каждый ярус разбит на пять зон со своими нагревом и циркуляцией воздуха. Температура может регулироваться в пределах 70 ÷ 120 °С. Сухость картона, выходящего из сушилки, около 90 %. После сушки картон пропускается через каландр *8* и наматывается в рулон в устройстве *9*.

В связи с большой толщиной обезвоживаемого слоя (между декельными ремнями она достигает 50 ÷ 90 мм) и получаемого картона, их обезвоживание и сушка затруднены. Поэтому скорость работы такого агрегата невелика и составляет несколько метров в минуту (для агрегата ИК-3, например, 0,4 ÷ 6 м/мин).

Для непрерывного получения многослойного картона массой 1 м^2 до 700 ÷ 900 г применяют круглосеточные многоцилиндровые машины. Число цилиндров в них, достигающее восьми, равно числу элементарных слоев, образующих сформованный картон. Как и в рассмотренной выше двухцилиндровой папочной машине, в этих машинах с помощью сеточных цилиндров на проходящую над ними общую суконную ленту наслаиваются элементарные слои один за другим, формируя требуемую толщину. Однако после сеточной части сформированное полотно не наматывается на форматный вал, а так же как и в агрегате для непрерывного получения однослойного картона сразу поступает в прессовую часть на отжим и далее в сушильную и отделочную часть машины, после чего сматывается в рулон. Сушка картона в таких машинах проводится в основном при контакте с поверхностью сушильных цилиндров диаметром 1,5 м.

Рабочая ширина большинства картоноделательных круглосеточных машин не превышает 3,5 ÷ 4,5 м, хотя есть машины с шириной сетки до 6 м. Рабочая скорость 100 ÷ 180 м/мин. Отдельные машины работают на повышенных скоростях, достигающих 260 м/мин и более. Масса 1 м^2 элементарных слоев обычно 40 ÷ 100 г.

Для производства специальных многослойных картонов используют многосеточные столовые машины. Они сложнее многоцилиндровых и отличаются наличием нескольких плоскосеточных столов, обычно расположенных один над другим. Формируемые на этих столах элементарные слои также соединяются в одно полотно. Число столов в некоторых машинах достигает семи. Основным достоинством многосеточных столовых картоноделательных машин является возможность работы на более высоких скоростях по сравнению с круглосеточными. Получаемый на них картон обладает более высокой механической прочностью и плотной структурой. Равномерность массы 1 м^2 и толщины картона также выше.

Скорость современных плоскосеточных машин достигает 600 ÷ 800 м/мин и более. Ширина до 8 м. Применяют их в основном для производства картонов толщиной до 1 мм.

Некоторые виды картонов (типа дуплекс и триплекс) вырабатываются на комбинированных машинах, где отдельные элементарные слои, соединяемые потом в общее полотно, формируются как на плоских сеточных столах, так и на круглосеточных цилиндрах.

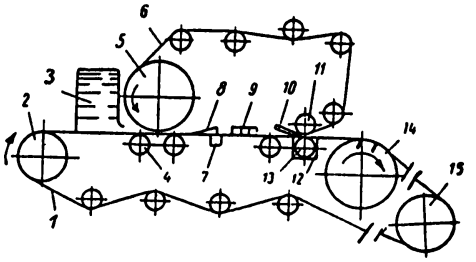


Рис. 7.4.5. Сеточная часть системы "инверформ" с одной верхней сеткой

Наиболее перспективными являются машины типа "инверформ", которые сочетают преимущества цилиндровых и столовых машин. Элементарный слой картона формируется между двумя сетками - верхней и нижней, что позволяет существенно интенсифицировать процесс обезвоживания и увеличить скорость машины. При производстве многослойных картонов машина оснащается несколькими верхними сетками. Нижняя сетка - общая. Как и в многоцилиндровой машине отдельные элементарные слои соединяются на нижней сетке в многослойное полотно, которое поступает на прессование, сушку и отделку. Скорость таких машин может достигать 1500 м/мин.

Сеточная часть машины "инверформ" (с одной верхней сеткой) приведена на рис. 7.4.5. Нижняя сетка *1* охватывает грудной вал *2*, гауч-вал *14*, сетковедущий вал *15* и в зоне формирования слоя поддерживается регистровыми роликами *4*, число которых меньше, чем в плоскосеточной машине. Волоконная масса из напорного ящика *3* подается в захват между нижней *1* и верхней *6* сетками. Зазор между ними регулируется путем вертикального перемещения формирующего вала *5*. Часть воды просачивается вниз через отложившийся слой волокна, а основная - проходит через верхнюю сетку, откуда удаляется с помощью шаберного устройства *8*, снабженного ножом из пластического материала и лотком для отвода воды. Дальнейшее обезвоживание слоя проводится на обычных *7* и "перевернутых" *9* отсасывающих ящиках. За отсасывающими ящиками установлен валковый предварительный пресс. От его верхнего вала *11* вода удаляется отсасывающим шабером *10*, от нижнего вала *13* - с помощью вакуумного ящика *12*, внутри которого расположен этот вал. Отсасывающий гауч-вал *14* проводит дополнительное обезвоживание слоя.

7.4.5. МЕХАНИЗМЫ И УСТРОЙСТВА КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Цилиндровые формующие устройства. Формующие устройства, представляющие собой цилиндры с натянутой на их поверхности сеткой и погруженные в ванну с разбавленной массой, являются одними из моделей, нашедших весьма широкое распространение как в нашей стране, так и за рубежом. Они подразделяются на прямоточные и противоточные. При прямоточном способе (рис. 7.4.6, *а*) получения элементарного слоя направление движения массы в ванне *3* и сетки цилиндра *2* совпадают, а при противоточном (рис. 7.4.6, *б*) они направлены навстречу друг другу. Валик *1* служит для съема элементарного слоя волокон с сетки цилиндра, а потокораспределитель *4* обеспечивает равномерную подачу массы в ванну по всей ее ширине.

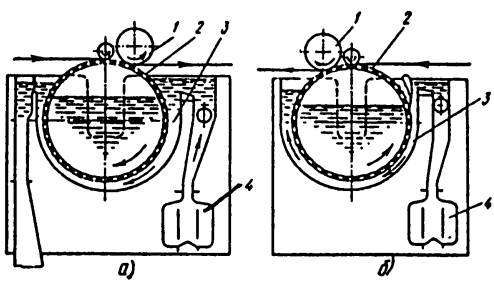


Рис. 7.4.6. Прямоточная (*а*) и противоточная (*б*) схемы подачи массы в ванну сеточного цилиндра

Вследствие более активной циркуляции массы у сетки противоточное устройство обеспечивает повышенную скорость фильтрации. Вместе с тем в прямоточных устройствах не наблюдается завихрений массы при ее движении, что характерно для противоточных устройств и приводит к частичному размыванию слоя оседающих на сетке волокон. Противоточная подача возможна поэтому лишь для скоростей не более 60 м/мин.

Теоретически скорость фильтрации на сеточном цилиндре

$$v_{\Phi} = \sqrt{\frac{h - K_{\Phi} t}{Vr}},$$

где h - разность уровней жидкости снаружи и внутри цилиндра (напор); t - время фильтрации; K_{Φ} - коэффициент, характеризующий изменение давления в результате образования слоя; V - отношение объема отложившегося слоя волокна к объему поступившей жидкости; r - удельное сопротивление слоя массы отделению воды при фильтрации в определенных условиях.

На практике используют более простую формулу, которая может быть получена в предположении, что величины r, t, V и K_{Φ} постоянны. Она имеет вид

$$v_ф = c\sqrt{2gh},$$

где c - эмпирический коэффициент.

Наряду с фильтрующей способностью сетки, концентрацией массы, характером размола смеси и рядом других факторов, учитываемых коэффициентом c, скорость фильтрации, а следовательно, производительность машины зависят от напора h.

В немалой степени производительность зависит и от скорости вращения цилиндра. Его критическая окружная скорость $v_{кр}$ определяется из условия равенства центробежной силы, стремящейся сорвать слой с поверхности цилиндра, и сил сцепления волокон, удерживающих его на сетке:

$$v_{кр} = 3{,}1\sqrt{R(1+K) - h}, \qquad (7.4.1)$$

где R - радиус цилиндра, м; $K = q_0^m / q_c^m$ - коэффициент, показывающий соотношение между массой q_0^m 1 м^2 отливки, отрывающейся от сетки в перевернутом горизонтальном положении под действием веса, и массой q_c^m 1 м^2 элементарного слоя, вырабатываемого на машине.

Диаметры цилиндров у большинства машин 1220 ÷ 1500 мм. При h = 0,18 м, q_c^m = = 70 г и K = 5,7 критические скорости, рассчитанные по формуле (7.4.1) для цилиндров диаметром 1 и 2 м, составляют соответственно 330 и 475 м/мин. Однако они значительно превышают скорости, достигнутые на практике. При повышении скорости v вращения цилиндра масса q_c^m 1 м^2 снимаемого слоя уменьшается и, следовательно, производительность (кг/с)

$$G = vb\ q_c^m,$$

где b - ширина элементарного слоя; растет в значительно меньшей степени, чем скорость. Поэтому для получения желаемого эффекта при повышении скорости круглосеточных машин необходимо увеличивать концентрацию массы, что ухудшает качество формования, увеличивает облачность слоя. Резко возрастает и анизотропия свойств картона.

Повышение производительности увеличением их ширины b также ограничено в связи с трудностями регулирования равномерности наслоения волокон по ширине цилиндра. Таким образом, процесс получения картона на круглосеточных машинах с погруженными цилиндрами связан с существенными недостатками, которые усугубляются с увеличением ширины, скорости и удельной производительности машин. Поэтому по сравнению с плоскосеточными они имеют меньшую ширину и относительно небольшие скорости (менее 100 м/мин).

Характеристики круглосеточных машин можно улучшить совершенствованием их формующих устройств. Одно из таких направлений предусматривает применение так называемых сухих цилиндров, которые в ванну не погружаются. При этом создаются более благоприятные условия для формирования элементарного слоя. Примером сухого цилиндра служит формующее устройство фирмы Эшер Висе - вариформер (рис. 7.4.7). Большая скорость и турбулентность потока в коническом трубном распределителе *6* способствуют разрушению сгустков и крупных флокул (хлопьев) массы. Дальнейшая дефлокуляция происходит в смесительной камере *5* и в зоне полого перфорированного вращающегося валика *4*, через отверстия в стенках которого проходит подаваемая масса. Диспергированная масса через канал *3* и напускное устройство *2* со щелью регулируемой ширины поступает в зону формования. Благодаря регулируемому размеру щели можно управлять скоростью подачи массы на сетку цилиндра *8*, вращающегося на опорных валах *7*, и таким образом воздействовать на анизотропию структуры картона. Отсасывающий шабер *1* предназначен для частичного обезвоживания слоя на сетке цилиндра.

При выработке многослойного картона скорость работы такого устройства может достигать 140 м/мин при ширине полотна 4 м. Полотно получается более однородным и качественным, чем на обычных цилиндрах.

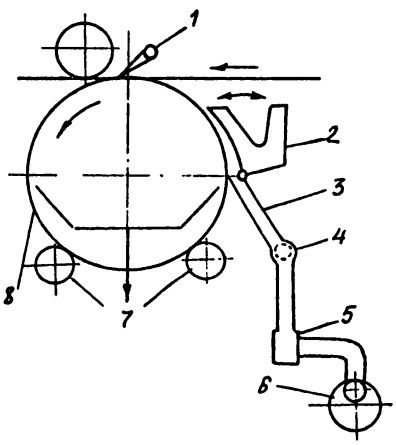


Рис. 7.4.7. Схема цилиндрического формующего устройства без ванны (вариформера)

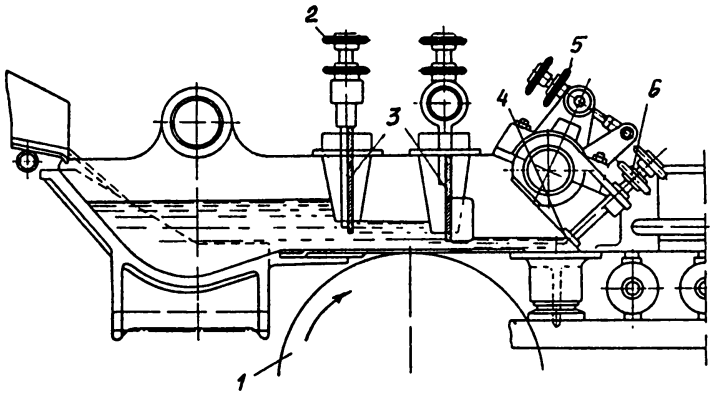


Рис. 7.4.8. Устройство с наклонной линейкой

Более совершенный сухой цилиндр (гидравликформер) оснащен специальным многотрубным распределителем, который обеспечивает более равномерное распределение массы по ширине полотна. Основное отличие состоит в том, что масса к напускному устройству подводится по трубам небольшого диаметра по всей его ширине.

Еще большие скорость и производительность имеют круглосеточные машины с вакуумными формующими цилиндрами (вакуумформеры). В этих устройствах внутри сухого цилиндра в зоне формирования создается разрежение, способствующее более интенсивному обезвоживанию и улучшению условий формования элементарного слоя картона. Максимальная скорость вакуумформеров близка к критической 350 ÷ 400 м/мин.

Напускные устройства. На тихоходных столовосеточных машинах, работающих со скоростями до 120 м/мин, для равномерного распределения массы по сетке используют устройства с форматными линейками. Лучшими характеристиками обладает устройство с наклонной линейкой (рис. 7.4.8). Масса перед подачей на сетку, которая охватывает грудной вал *1*, проходит под тремя линейками. Первые две линейки *3* задерживают пену и устраняют завихрения потока, а третья - наклонная *4* регулирует напор массы. Положение линеек по высоте регулируется соответственно маховичками *2* и *6*. Маховички *5* служат для регулирования высоты щели на отдельных ее участках, обеспечивая оптимальную конфигурацию щели.

В более быстроходных машинах применяют напорные ящики. Перегородки *1* в напорном ящике способствуют перемешиванию массы и задерживают пену (рис. 7.4.9). Равномерное распределение массы по ширине щели обеспечивается вращающимся полым валиком *5*, через отверстия в стенках которого перед попаданием на сетку проходит практически вся масса. Высота щели регулируется изменением положения выпускной губы *6*, укрепленной на передней сетке *4* ящика. Маховиком *2* регулируется высота щели по всей ее ширине, а маховиками *3* - на отдельных участках.

При скоростях сетки более 400 м/мин открытые ящики заменяют закрытыми, которые имеют гораздо меньшую высоту. В такой ящик масса подается с помощью специального осевого насоса регулируемой подачи под давлением, обеспечивающим необходимую скорость выхода ее на сетку. В этом случае общий напор

$$h = h_{ст} + p \cdot 10^{-4},$$

где $h_{ст}$ - напор, м (водяного столба); p - давление воздуха в ящике, Па.

Скорость выхода массы на сетку согласно уравнению Торричели

$$v_м = \mu\sqrt{2gh},$$

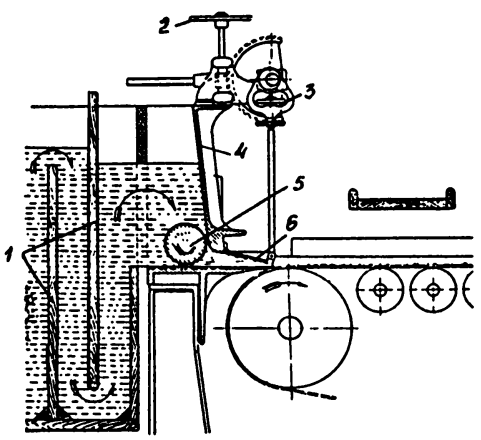


Рис. 7.4.9. Напорный ящик (открытый)

где μ - коэффициент расхода массы, зависящий от формы выходной щели; $\mu = 0{,}9 \div 0{,}98$.

Лучшие условия для формования элементарного слоя картона создаются при скорости $v_м$, несколько меньшей скорости $v_с$ сетки. Отношение этих скоростей $\kappa = \frac{v_м}{v_с} \approx 0{,}85 \div 0{,}95$. Величина κ зависит от вида картона, а также от скорости машины, возрастая с ее увеличением. Необходимая высота напора

$$h = \frac{\kappa^2 v_с^2}{\mu^2 2g}. \qquad (7.4.1)$$

Обычно перед последней линейкой напор $h \le 0{,}2$ м вод. ст. Тогда согласно уравнению (7.4.1) при $\mu = 0{,}94$ скорость выхода массы $v_м = v_с\kappa \approx 110$ м/мин.

Объемный расход массы через щель напускного устройства

$$Q = v_м b_м \delta, \qquad (7.4.2)$$

где $b_м$ и δ - соответственно ширина и высота щели.

При отливе однослойных картонов эту величину можно определить исходя из количества сухого картона, производимого машиной в единицу времени:

$$Q = \frac{b v_к m_к S_к}{S(1-\kappa)\rho_к}, \qquad (7.4.3)$$

где b - ширина картона в накате (с учетом обрезаемых потом боковых кромок); v - скорость картона в накате; $m_к$ - масса единицы площади картона; $S_к$ - степень сухости картона; S - концентрация массы в напорном ящике; κ - отношение количества волокна и наполнителей, ушедших сквозь сетку с отфильтрованной водой, к массе, поступившей на сетку; $\rho_к$ - плотность картона.

Приравняв выражения (7.4.2) и (7.4.3), получим необходимую высоту открывания щели

$$\delta = \frac{b v m_к S_к}{S(1-\kappa)\rho_к v_м b_м}.$$

Чтобы изменить соотношение между скоростью выхода массы на сетку и скоростью сетки, необходимо увеличить или уменьшить высоту открывания щели. Тогда в напорном ящике открытого типа изменится уровень массы, а следовательно, скорость $v_м$. В напорном ящике закрытого типа необходимо также изменить давление, поскольку уровень массы поддерживается постоянным.

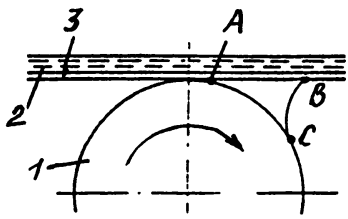


Рис. 7.4.10. Схема обезвоживания на регистровом валике

Устройства для обезвоживания массы. Основное количество воды (до 90 % и более общего ее количества в массе) удаляется на сеточной части картоноделательной машины с помощью регистровых валков, отсасывающих ящиков и гауч-вала.

Основной обезвоживающий эффект достигается с помощью регистровых валиков (рис. 7.4.10). При вращении ролика *1* между сеткой *2* и его поверхностью создается водяной клин *ABC*, внутри которого под действием в основном скоростного напора давление оказывается несколько меньше атмосферного. Вода из слоя *3* всасывается в этот клин и отбрасывается вниз. Максимальная интенсивность отсоса на регистровом валике

$$p = 0{,}5\rho_в v^2,$$

а количество удаляемой воды

$$Q = \frac{0{,}125\rho_в^2 v^3 r b}{R^2}, \qquad (7.4.4)$$

где $\rho_в$ - плотность воды; v - окружная скорость валика; r - радиус валика; b - длина рабочей части валика; R - сопротивление обезвоживанию, зависящее от количества отложившихся на сетке волокон.

В соответствии с формулой (7.4.4) количество удаляемой воды Q зависит в первую очередь от скорости v.

Регистровые валики приводятся в движение от сетки. Поэтому они должны быть достаточно легкими. Их изготовляют из стальных труб с антикоррозийным покрытием, чаще из резины. Гидрофильность (смачиваемость) резины повышает интенсивность обезвоживания. Между валиками устанавливают специальные перегородки - дефлекторы. Они исключают забрасывание воды с предыдущего валика на поверхность последующего, способствуя ее лучшему удалению.

Основное количество воды удаляется первыми шестью - семью валиками, а общее их число редко превышает 17 - 24. Диаметр валиков в зависимости от ширины машины составляет 80 ÷ 500 мм.

После регистровых валиков полотно обезвоживается на отсасывающих (сосунных) ящиках под действием разности давлений: специальные насосы непрерывно удаляют из ящиков воду и воздух, прошедшие сквозь сетку. Сетки с обезвоживаемым слоем на ней скользят непосредственно по перфорированным крышкам отсасывающих ящиков. Живое сечение отверстий в крышке, через которое происходит фильтрация воды, 35 ÷ 60 % ее общей площади.

Объем воды Q, протекающий через фильтрующую площадь F волокнистого слоя в единицу времени под действием перепада давлений Δp, определяется по уравнению Козени:

$$Q = \frac{F\Delta p\varepsilon^3}{k\mu\delta æ^2(1-\varepsilon)^2},$$

где ε - пористость массы (отношение объема капилляров к общему объему массы); μ - вязкость жидкости; δ - толщина слоя на сетке; $æ$ - отношение поверхности волокон к их объему; k - коэффициент, учитывающий форму и расположение капилляров слоя волокнистой массы относительно направления потока воды ($k \approx 5 \div 6$).

Интенсивность обезвоживания, возрастая с увеличением Δp, в то же время определяется пористостью ε массы. По мере обезвоживания слой уплотняется, пористость массы уменьшается и количество отсасываемой ящиками воды резко сокращается. Чтобы снизить неравномерность интенсивности обезвоживания по длине сетки, под ней устанавливают не один общий ящик, а несколько. В каждом ящике определяется свой уровень разрежения, который возрастает от первого ящика к последнему.

Время обезвоживания на каждом из ящиков

$$t = \frac{226 \cdot 10^{-9} K_c \mu m}{\sqrt{9{,}8 \cdot 10^3 \Delta p}} \ln\frac{S_к}{S_н},$$

где K_c - константа, характеризующая сопротивление массы обезвоживанию; m - масса абсолютно сухого волокна в обезвоживаемом участке слоя; $S_к$ и $S_н$ - соответственно конечная и начальная степень сухости массы.

Число ящиков и разрежение в них зависят от вида картона и производительности машины. Обычно устанавливают до 12 ящиков, разрежение в которых может составлять от тысячных долей до 0,5 давления окружающей среды и более. В отдельных случаях, например при отливе однослойных картонов, число ящиков может быть увеличено до 20 и более. Это вызвано, с одной стороны, значительной толщиной слоя, а с другой - трудностью обезвоживания кожевенного волокна. Более эффективно работают узкие ящики шириной 200 ÷ 300 мм.

Между сеткой и крышками отсасывающих ящиков возникает значительная сила трения:

$$P_{тр} = f_c F_ж \Delta p_{ср},$$

где f_c - коэффициент трения между сеткой и крышками ящиков; f_c = 0,12 ÷ 0,4; $F_ж$ - суммарное живое сечение ящиков (площадь отсоса); $\Delta p_{ср}$ - среднее значение разрежения, равное суммарному вакууму во всех ящиках, разделенному на их число.

При скорости v сетки мощность, расходуемая на преодоление этого трения, $N = P_{тр}v$. Обычно N = 70 ÷ 80 % всей мощности, потребляемой сеточной частью машины.

Увеличение разрежения Δp в ящиках помимо повышенных затрат энергии на трение приводит к интенсивному изнашиванию сетки. Поэтому на некоторых машинах ящики устанавливают на вертикальных плоских пружинах и с помощью эксцентрикового механизма придают им возвратно-поступательное движение поперек сетки с амплитудой 3 ÷ 10 мм и частотой 10 ÷ 40 двойных колебаний в минуту. Это позволяет уменьшить износ сетки и крышек ящиков. Ту же цель преследует и применение ящиков специальных конструкций, например, типа ротобелт, крышкой которого служит бесконечный перфорированный резиновый ремень, охватывающий ящик и натянутый на два свободно вращающихся вала, установленных по его бокам. Ремень в этом случае движется вместе с сеткой. В результате срок ее службы увеличивается в 1,5 - 2 раза и на 30 ÷ 50 % уменьшается потребление мощности сеточной частью машины.

После отсасывающих ящиков слой картона до степени сухости 15 ÷ 22 % обезвоживается на гауч-прессе. В простейшем случае гауч-пресс состоит из двух полых чугунных валов, покрытых для защиты от коррозии слоем резины или медной рубашкой. На верхний вал, кроме того, надевают тканый или валяный шерстяной чулок (моншон) толщиной около 15 мм, способствующий лучшему удалению воды. Одновременно моншон увеличивает ширину зоны контакта верхнего вала с картоном, что уменьшает возможность раздавливания полотна.

Прижим верхнего вала к нижнему обеспечивается с помощью специального прижимного приспособления. Диаметр нижнего вала 500 ÷ 700 мм, а верхнего 600 ÷ 800 мм. Линейная нагрузка между валами в гауч-прессе 20 ÷ 50 Н/мм.

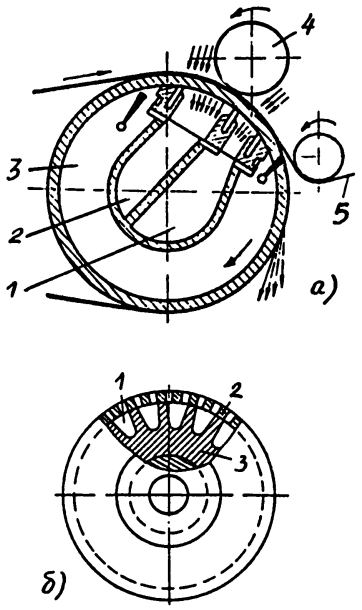


Рис. 7.4.11. Отсасывающие гауч-валы:
а - двухкамерный; *б* - ячейковый

Лучшие условия для обезвоживания обеспечивает отсасывающий гауч-пресс. Он состоит из нижнего отсасывающего вала и относительно легкого верхнего обрезиненного валика, уплотняющего волокнистый слой. Различают отсасывающие валы двух типов: ячейковые и камерные.

Отсасывающий камерный вал состоит из вращающегося перфорированного цилиндра *3*, внутри которого установлена одна или несколько неподвижных отсасывающих камер *1*, *2* (рис. 7.4.11, *а*). Обезвоживание полотна *5* проводится под действием верхнего вала *4*, а также вакуума, создаваемого в камерах. Как и в отсасывающих ящиках, разрежение в камерах в направлении движения полотна нарастает и может достигать 0,07 ÷ 0,08 МПа. Ширина камер до 200 ÷ 250 мм, причем первая камера шире второй. Диаметр отсасывающего вала в первую очередь зависит от ширины машины и количества отсасывающих камер. Он может достигать 1500 мм и более.

Ячейковый отсасывающий вал представляет собой полый чугунный корпус *3*, на поверхности которого имеются ребра, образующие продольные ячейки *1* (рис. 7.4.11, *б*). На ребра надевается бронзовая перфорированная рубашка (цилиндр) *2*. К каждому из торцов вала плотно прилегают неподвижные отсасывающие головки. При вращении вала в ячейках, соприкасающихся с головками, создается разрежение, под действием которого полотно обезвоживается. Вода, поступившая в ячейки, при вращении вала под действием центробежной силы выбрасывается наружу.

Ячейковые валы проще по конструкции и потребляют меньше энергии, чем камерные. Однако при скорости более 200 м/мин их не применяют, так как в этом случае из ячеек плохо удаляется вода.

Расчет валов. Конструкция валов должна обеспечивать максимальную жесткость (минимальный прогиб) при минимальной массе. Так, относительный прогиб грудного вала должен быть не более 1/15 000 ÷ 1/20 000, регистрового 1/3000 ÷ 1/4000. Поэтому большинство валов трубчатые. Трубчатый вал представляет собой обычно тонкостенную металлическую трубу, по концам которой запрессованы чугунные патроны с укрепленными в них стальными цапфами. Диаметры большинства валов 80 ÷ 500 мм (грудного вала до 1000 мм).

Валы в картоноделательных машинах рассчитывают на прочность, жесткость и на критическую скорость. При этом в качестве нагрузки учитывают равнодействующую сил натяжения сетки или сукна, собственную силу тяжести вала, а в необходимых случаях и давление расположенного выше вала. Как правило, нагрузка на вал передается равномерно на всю его длину и поэтому реакции на опоры подшипников цапф принимаются одинаковыми.

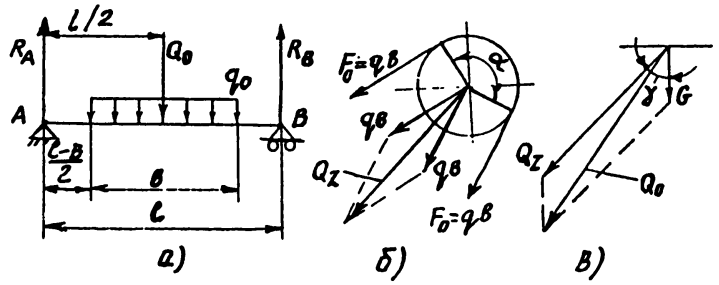


Рис. 7.4.12. Схема определения сил

В этом случае вал рассчитывается на прочность, как балка на двух опорах (рис. 7.4.12, *а*):

$$R_A = R_B = \frac{Q_0}{2} = \frac{q_0 b}{2},$$

где R_A, R_B - реакции опор; Q_0 - суммарная нагрузка на вал; q_0 - равномерно распределенная нагрузка; b - рабочая длина вала.

Силу, действующую на вал со стороны сетки (или сукна), определяют исходя из натяжения ее ветвей. Среднее линейное натяжение сетки может колебаться в пределах 2,5 ÷ 8 Н/мм. Определяется оно главным образом технологическими требованиями изготовления картона и регулируется с помощью специальных натяжных устройств (валика с винтовым, грузовым, гидравлическим или пневматическим механизмом натяжения).

Большинство валов картоноделательных машин приводится в движение сеткой (сукном). Окружная сила, передаваемая сеткой валу,

$$F = F_1 - F_2,$$

где F_1 и F_2 - силы натяжения соответственно верхней и нижней ветвей сетки.

Так как эта сила необходима лишь для преодоления трения в подшипниках вала, ее величина незначительна. При расчете принимают обычно $F_1 = F_2 = F_0$ (рис. 7.4.12, *б*). Лишь для гауч-вала, который является приводным в сеточной части машины, величина F достигает примерно 2 Н/мм. В этом случае равнодействующая сил натяжения ветвей определяется как их геометрическая сумма.

Минимальное натяжение ведомой ветви сетки определяется по формуле Эйлера:

$$F_{2\min} = \frac{F}{e^{f\alpha} - 1},$$

где f - коэффициент трения между сеткой и валом; f = 0,2 ÷ 0,25; α - угол охвата вала сеткой.

Если $F_1 = F_2 = F_0$, то равнодействующая сил натяжения ветвей (рис. 7.4.12, *в*)

$$Q_z = 2F_0 \sin\alpha / 2 = 2q\,b \sin\alpha / 2,$$

где q - линейное натяжение сетки.

Общая нагрузка на вал равна геометрической сумме действующих на него сил (рис. 7.4.12, *б*)

$$F_0 = \sqrt{Q_z^2 + G^2 + 2Q_z G\cos\gamma},$$

где G - вес вала.

Максимальный изгибающий момент в середине вала

$$M_c = R_A\frac{l}{2} - \frac{q_0 b}{2}\frac{b}{4} = Q_0\left(\frac{l}{4} - \frac{b}{8}\right),$$

где l - расстояние между опорами.

Момент сопротивления пустотелого вала изгибу

$$W_c = 0{,}1\frac{D^4 - d^4}{D},$$

где D и d - соответственно наружный и внутренний диаметры вала.

Напряжение изгиба в середине вала

$$\sigma = M_c / W_c.$$

Кроме вала на прочность проверяют цапфы. Опасное сечение цапфы у конца рабочей части вала. Изгибающий момент в этом сечении

$$M_ц = R_A\left(\frac{l}{2} - \frac{b}{2}\right) = Q_0\frac{(l - b)}{4},$$

а момент сопротивления цапфы изгибу

$$W_ц = 0{,}1D^3.$$

Жесткость вала определяется по максимальному прогибу в его середине:

$$f = \frac{q_0 b^3}{384EJ}(12l - 7b),$$

где E - модуль упругости материала вала; J - момент инерции поперечного сечения вала.

Момент инерции пустотелого вала

$$J = \frac{\pi}{64}\left(D^4 - d^4\right).$$

Последним этапом расчета вала является определение его критической скорости. Критическая частота вращения

$$n_{кр} = \frac{\pi}{2l^2}\sqrt{\frac{EJ}{k}},$$

где $k = \dfrac{Q_0}{bq_0}$.

Рабочая скорость должна быть на 60 - 70 % меньше критической.

Выбор подшипников. На современных картоноделательных машинах устанавливают только подшипники качения. Так как расстояние между опорами валов большое, применяют в основном самоустанавливающиеся радиальные сферические двухрядные подшипники,

менее других чувствительные к возможным перекосам. Причем одна опора фиксирующая, а вторая - плавающая.

Радиальные подшипники выбирают по коэффициенту работоспособности C, который рассчитывается исходя из их долговечности:

$$C = (R + K_0F_0)K_\sigma K_k K_T (nL_h)^{0,3},$$

где R и F_0 - соответственно радиальная и осевая нагрузка на подшипник; K_0 - коэффициент приведения осевой нагрузки к радиальной (выбирается по специальным таблицам в зависимости от типа подшипника); K_σ - динамический коэффициент, зависящий от характера нагрузки и условий работы: для большинства валов K_σ = 1,0 ÷ 1,1 (статическая нагрузка), при динамической нагрузке K_σ = 1,3 ÷ 1,5; K_k - коэффициент, учитывающий зависимость работоспособности от вращения внутреннего или наружного кольца: если вращается внутреннее кольцо, K_k = 1, при вращении наружного кольца значение K_k выбирается по таблицам в зависимости от типа подшипника; K_T - коэффициент, учитывающий влияние на долговечность температурного режима работы подшипника: для большинства подшипников, температура которых при работе не превышает 80 °С, K_T = 1; для подшипников сушильных валов и каландров K_T = 1,1÷1,15; L_h - долговечность подшипника, ч; n - частота вращения вала, мин$^{-1}$.

Источником осевой нагрузки в подшипниках валов чаще всего является механизм тряски регистровой части машины. В этом случае максимальная осевая сила

$$F_{max} = m\,e\,n^2,$$

где m - масса сотрясаемого вала; e - амплитуда колебаний.

Расчет подшипника ведется по средним значениям нагрузки и скорости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Басов Н. И., Казанков Ю. В.** Литьевое формирование полимеров. М.: Химия, 1984. 248 с.

2. **Басов Н. И., Ким В. С., Скуратов В. К.** Оборудование для производства объемных изделий из термопластов. М.: Машиностроение. 1972, 272 с.

3. **Бельцов В. М.** Оборудование для отделки хлопчатобумажных тканей. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 352 с.

4. **Богомол Г. М.** Формирование многослойного картона. М.: Лесная промышленность, 1982. 264 с.

5. **Бурмистенков А. П., Корзун В. В.** Приготовление композиций в центробежном смесителе непрерывного действия // Легкая промислові. 1988. № 3. С. 27.

6. **Гаузе А. А., Гончаров В. Н., Кугушев И. Д.** Оборудование для подготовки бумажной массы. М.: Экология, 1992. 352 с.

7. **Евдокимов В. В.** Нанесение покрытий в производстве рулонной искусственной кожи. М.: Легкая индустрия, 1980. 128 с.

8. **Евдокимов В. В.** Оборудование и механизация предприятий пленочных материалов и искусственных кож. М.: Легкая индустрия, 1973. 273 с.

9. **Езжаев А. С., Осипов Н. В.** Механизация и автоматизация переработки пластмасс на принципе выносной пресс-формы. М.: Машиностроение, 1971. 114 с.

10. **Завгородский В. К., Калинчев Э. Л., Махаринский Е. Г.** Оборудование предприятий по переработке пластмасс. Л.: Химия, 1972. 463 с.

11. **Залесская Н. П., Соколова Н. В.** Производство асбестовых бумаг, картона, фильтрующих материалов. М.: Химия, 1989. 180 с.

12. **Ильин С. Н., Бернштейн М. Х.** Искусственные кожи. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 184 с.

13. **Искусственные** кожи и пленочные материалы: Справочник / А. Г. Литвиненко, Б. Я. Кипнис, Л. Я. Брук и др.; Под ред. В. А. Михайлова и Б. Я. Кипниса. М.: Легпромбытиздат, 1987. 400 с.

14. **Калинчев Э. Л., Саковцева М. Б.** Свойства и переработка термопластов: Справочное пособие. Л.: Химия, 1983. 288 с.

15. **Карабанов П. С., Никифоров В. Н.** О рациональном расположении литновых каналов в формах для литья подошв под давлением: Оборудование для легкой промышленности // ЦНИИТЭИлегпищемаш. 1977. Вып. 2. С. 9 - 12.

16. **Ким В. С., Скачков В. В.** Диспергирование и смешение в процессах производства и переработки пластмасс. М.: Химия, 1988. 240 с.

17. **Ким В. С., Скачков В. В.** Оборудование подготовительного производства заводов пластмасс. М.: Машиностроение, 1977. 240 с.

18. **Коновалев В. И., Коваль А. М.** Пропиточно-сушильное и клеепромазочное оборудование. М.: Химия, 1989. 224 с.

19. **Конструирование** и расчет машин химических производств / Ю. И. Гусев, И. Н. Карасев, Э. Э. Кольман-Иванов и др. М.: Машиностроение, 1985. 408 с.

20. **Лапшин В. В.** Основы переработки термопластов литьем под давлением. М.: Химия, 1974. 464 с.

21. **Легоцкий С. С., Гончаров В. Н.** Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. М.: Лесная промышленность, 1990. 217 с.

22. **Лукан Ю. Е., Петухов А. Д., Сенатос В. А.** Оборудование для производства полимерных пленок. М.: Машиностроение, 1981. 224 с.

23. **Мак-Келви Д. М.** Переработка полимеров. М.: Химия, 1965. 442 с.

24. **Оборудование** целлюлозно-бумажного производства / В. А. Чичаев, А. А. Васильев, И. А. Васильев и др. Т. 1. Оборудование для производства волокнистых полуфабрикатов. М.: Лесная промышленность, 1981. 368 с.

25. **Переработка** каучуков и резиновых смесителей / Е. Г. Востроknутов, М. И. Новиков, Н. И. Новиков и др. М.: Химия, 1980. 280 с.

26. **Проектирование** и расчет машин обувных и швейных производств / А. И. Комиссаров, В. В. Жуков, В. М. Никифоров и др. М.: Машиностроение, 1978. 431 с.

27. **Производство** искусственных кож: Пер. с нем. / Под ред. А. А. Касьяновой, Н. Ю. Водолаги. М.: Легпромиздат, 1986.

28. **Рябинин Д. Д., Лукач Ю. Е.** Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. М.: Машиностроение, 1972. 272 с.

29. **Сиденко П. М.** Измельчение в химической промышленности. М.: Химия, 1977. 368 с.

30. **Справочник** по пресс-формам. / Под ред. Н. Г. Космачева. Л.: Лениздат, 1987. 367 с.

31. **Техника** переработки пластмасс / Под ред. Н. И. Басова, В. Броя. М.: Химия, 1985. 528 с.

32. **Торнер Р. В.** Основные процессы переработки полимеров (теория и методы расчета). М.: Химия, 1972. 456 с.

33. **Торнер Р. В., Акулин М. С.** Оборудование заводов по переработке пластмасс. М.: Химия, 1986. 400 с.

34. **Факторович Ю. Д.** Оборудование промышленности искусственных кож и пленочных материалов. М.: Легпромбытиздат, 1986. 248 с.

35. **Химия** и технология полимерных пленочных материалов и искусственных кож / Под ред. Г. П. Андриановой. М.: Легпромбытиздат, 1990. 390 с.

36. **Шварц Л. И.** Интенсификация производства резиновых изделий. М.: Химия, 1989. 317 с.

37. **Шитов Ф. А.** Технология целлюлозно-бумажного производства. М.: Лесная промышленность, 1978. 382 с.

РАЗДЕЛ 8

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Глава 8.1

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН

Анализ технологических процессов изготовления деталей текстильных машин позволяет сформулировать задачи разработки:

технологических процессов изготовления нежестких деталей сборных остовов и каркасов машин и тех деталей, которые предназначены не только для связывания остовов, но и для размещения на них многократно повторяющихся рабочих механизмов (веретенные и цилиндровые брусья);

рациональных процессов обработки специфических деталей (веретен, колец, вытяжных цилиндров и др.), комплексной механизации и автоматизации производственных процессов их изготовления при высокой точности и однородности их качества;

прогрессивных технологических процессов обработки тонкостенных литых деталей сложной формы и нежесткой конструкции с обработкой их на высокопроизводительных переналаживаемых агрегатных станках;

рациональных технологических процессов для деталей, конструктивные особенности которых и требования к изготовлению определяются особым функциональным назначением (барабаны, шляпки чесальных машин; стойки вытяжных приборов, мотальные рычаги прядильных и крутильных машин; лопасти, коленчатые валы ткацких машин и др.), при обработке которых необходимо применять высокопроизводительные агрегатные и специальные станки, а также поточные методы производства;

процессов отделки поверхностей деталей, соприкасающихся с полупродуктом волокнистого материала на отдельных переходах его обработки, а также отделки поверхностей ряда деталей для предупреждения оседания пуха и обеспечения очистки машин.

8.1.1. КОЛЬЦА ПРЯДИЛЬНЫХ И КРУТИЛЬНЫХ МАШИН

Кольца прядильных и крутильных машин (рис. 8.1.1) служат для направления вращательного движения бегунка вокруг веретена с початком пряжи, а также вместе с бегунком придают мычке или нити необходимое закручивание. Кольца выпускают с внутренним диаметром 29 ÷ 200 мм, толщиной стенки 0,8 ÷ 3 мм и высотой 9,5 ÷ 25 мм. Кольца представляют собой маложесткую конструкцию с параметром шероховатости рабочей поверхности $Ra = 0{,}32 \div 0{,}16$ мкм, что вызывает значительные трудности при разработке технологического процесса их изготовления.

Силы трения между бегунком и кольцом - основной фактор износа его поверхности. Процесс изнашивания пары кольцо - бегунок сопровождается значительным повышением температуры в местах трения, вследствие чего происходит повышенное изнашивание поверхностей. Износ колец так же зависит от вида перерабатываемого волокна. Для повышения износостойкости колец необходим правильный выбор материалов пары кольцо - бегунок.

Кольца изготовляют из качественной углеродистой (40, 45), легированной (18ХМ, 40Х13 и др.), шарикоподшипниковой стали (ШХ9, ШХ15) и порошковых материалов из железных порошков типа ПЖВ1 и ПЖВ2. При выборе материала колец необходимо исходить из условий эксплуатации и условий его обрабатываемости, так как качество рабочей поверхности кольца является одним из важных факторов его надежной работы. С этой точки зрения наиболее целесообразно применять сталь 40, 45.

При прядении шелка и шерсти большей износостойкостью отличаются кольца, изготовленные из хромистых сталей, но ввиду плохой обрабатываемости этих сталей (задиров, срывов) рекомендуется применять марганцовистую сталь 45Г2. Хорошие результаты по износостойкости при прядении шерсти показали кольца из шарикоподшипниковой стали

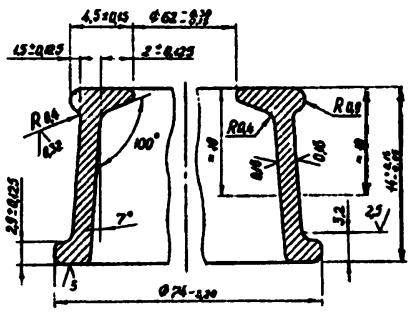


Рис. 8.1.1. Кольцо прядильной машины

ШХ15. Обрабатываемость стали ШХ15 несколько хуже, чем стали 45Г2, но износостойкость выше.

Повышению износостойкости колец способствуют оптимальные геометрические параметры, благодаря которым увеличивается их жесткость и улучшаются условия контакта пары кольцо - бегунок. Основные технические требования при изготовлении колец следующие: твердость колец при работе с металлическим бегунком 60 ÷ 65 $HRC_э$; поверхность колец должна быть подвергнута нитроцементации на глубину 0,2 ÷ 0,5 мм; отклонение от круглости внутреннего диаметра 0,08 ÷ 0,25 мм; отклонение от плоскостности торцов 0,10 ÷ 0,35 мм. Заготовки для колец получают из прутка, труб, профильной калиброванной ленты или порошковых материалов.

Технологический процесс изготовления колец прядильных и крутильных машин состоит из предварительной механической обработки, термической обработки и отделочных операций.

Предварительная механическая обработка заключается в последовательном обтачивании наружной и внутренней поверхностей заготовки и подрезке торцов на токарных и токарно-операционных станках. При этом заготовка превращается в профильное кольцо требуемых размеров. Базирование заготовки проводится по наружной и внутренней поверхности с упором в торец. Ввиду малой жесткости заготовки при базировании ее по наружному диаметру закрепление осуществляют в специальном пневмопатроне, а при базировании по внутренней поверхности - на специальной пневматической разжимной оправке.

При обработке режимы резания выбирают такими, чтобы обеспечить необходимый допуск круглости и плоскостности. Задачей предварительной обработки является также получение наименьшего параметра шероховатости рабочей поверхности кольца, что позволит уменьшить трудоемкость и объем отделочных операций, а также улучшить качество поверхности готового кольца.

Режимы резания оказывают решающее влияние на параметры шероховатости поверхности. Наибольшее значение имеют скорость резания и подача. Поэтому при предварительной обработке скорость резания $v = 75 \div 130$ м/мин, а подача на оборот $S = 0{,}05 \div 0{,}11$ мм.

В текстильном машиностроении в качестве термической обработки применяют газовую нитроцементацию с последующей закалкой в масле и отпуском, благодаря чему повышается износостойкость колец в 3 - 4 раза в хлопкопрядении и в 1,5 раза в шелкопрядении, по сравнению с износостойкостью после цементации.

Отделочная обработка - полирование колец в барабанах со смещенной осью - включает: собственно полирование, глянцевание, сушку и зачистку. При полировании барабан заполняется наполнителем: бой абразивных кругов ЭК4-230, ВТ1-ВТ4, технический едкий натр, хлористый аммоний или венская известь, нитрид натрия, вода и кольца. Время обработки 48 ч. Глянцевание производят в таких же барабанах, но наполнителем является: бой электротехнического фарфора или байколита, цилиндрики стальные каленые, мыло жидкое, блескообразователь или венская известь, вода и кольца. Время обработки 24 ч. После тщательной промывки в горячей воде кольца сушат в барабанах, заполненных на 2/3 объема опилками нехвойных пород деревьев. Затем по мере надобности производят зачистку внутренних поверхностей полировальной головкой, обеспечивая шероховатость поверхностей в соответствии с чертежом.

8.1.2. ВЫТЯЖНЫЕ ЦИЛИНДРЫ

Вытяжные цилиндры (рис. 8.1.2) являются основными деталями вытяжного прибора ровничных, ленточных, прядильных и прядильно-крутильных машин, которые предназначены для окончательного вытягивания полуфабриката (ровницы или ленты) с целью получения требуемого номера пряжи.

Основное эксплуатационное требование к цилиндру - это обеспечение необходимой силы зажима волокна и создание необходимых сил трения. Поэтому ответственными элементами цилиндра являются его рифленые тумбочки. Большое влияние на технологический процесс и нагрузку на валик оказывают профиль и состояние рифлей. Давление цилиндра на валик зависит от ширины ленточки рифля: при увеличении ширины ленточки давление уменьшается и соответственно возрастает нагрузка на валик. Слишком малая ширина приводит к быстрому износу эластичного покрытия и даже к повреждению волокон.

К вытяжным цилиндрам предъявляют следующие технические требования: твердость наружных поверхностей рифленых тумб и промежуточных шеек не менее 55 $HRC_э$, толщина закаленного слоя должна быть равномерной в кольцевом сечении цилиндра и не превышать 5 ÷ 6 % диаметра; допуск радиального биения рифленых тумб и направляющей шейки относительно направляющей камеры и опорной шейки под подшипники скольжения не более 0,02 ÷ 0,03 мм; допуск торцового биения относительно рифленых тумб 0,006 ÷ 0,01 мм; наружные поверхности цилиндра должны быть хромированы.

Заготовками для вытяжных цилиндров служат прутки из горячекатаной углеродистой круглой стали. В зависимости от оборудования резку прутков проводят на специальных прессах, отрезных станках, круглых дисковых пилах.

Длина вытяжного цилиндра равна приблизительно 25 диаметрам, поэтому при его обработке необходимо применять люнеты, выбирать режимы резания с учетом малой жесткости заготовки и вводить в маршрут опе-

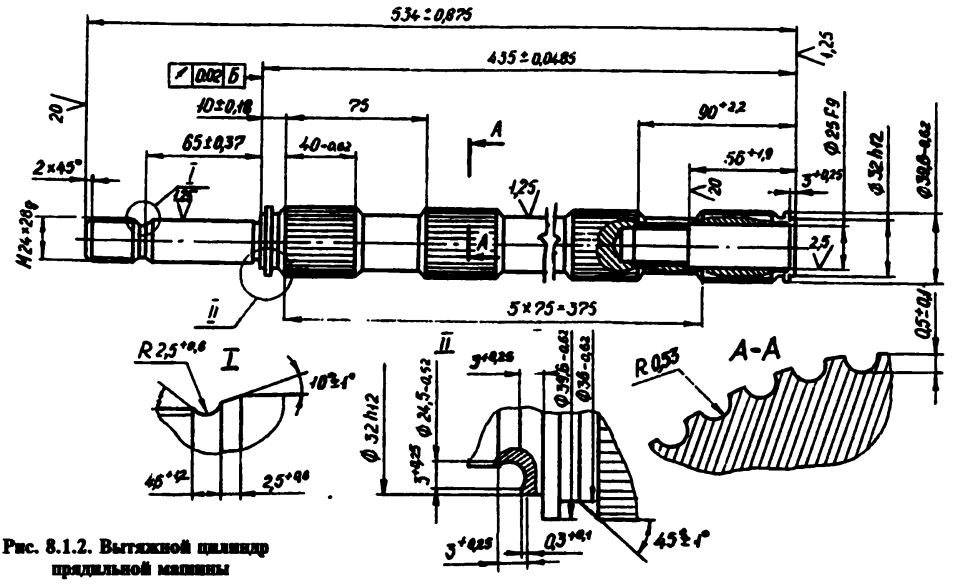


Рис. 8.1.2. Вытяжной цилиндр прядильной машины

рации правки. Технологической базой служат конусные поверхности центровых отверстий, поэтому точности их выполнения придается большое значение.

Некоторые операции изготовления вытяжных цилиндров представляют значительный интерес. Заготовки после отжига и правки поступают на операцию обработки торцов. Заготовки (в количестве 40) укладывают в специальное приспособление и на двухшпиндельном фрезерном станке у них обрабатывают одновременно оба торца. После этого заготовку шлифуют по наружной поверхности на бесцентрово-шлифовальных станках до получения параметра шероховатости Ra = 2,5 мкм. Затем обрабатывают центровые отверстия на специальном токарном станке. При этом заготовку закрепляют в цанговом патроне по шлифованной поверхности; заготовка получает вращение от специального привода. Центровочное сверло вращается и получает поступательное движение. Такой маршрут обработки центровых отверстий позволяет более равномерно распределить металл по окружности от оси заготовки, уменьшить припуски и увеличить их равномерность.

Накатная операция выполняется на специальном станке UPW 25 × 100, работа которого аналогична работе бесцентрово-шлифовального станка. Накатывание нерабочих шеек и рифлей на тумбочках проводят в холодном состоянии с помощью специального приспособления. Заготовку базируют по направляющему цилиндру и поджимают центром. Для обкатывания нерабочих шеек применяют гладкие ролики из твердого сплава ВК8, а для накатывания рифлей - ролики требуемого профиля.

В соответствии со стандартом соединение отдельных цилиндров в линию резьбовое. Для уменьшения биения собранной линии резьбовые концы цилиндров и отверстия имеют цилиндрические направляющие участки, выполняемые по восьмому (центрирующее отверстие по H8) и седьмому (направляющая шейка по h7) квалитетам; особое внимание должно быть обращено на точность выполнения операций по обработке торцов цилиндра, по которым происходит стыковка цилиндров в линию.

Для снижения биения собранной линии применяют правку цилиндров в холодном состоянии, что вызывает появление в материале цилиндра внутренних напряжений, приводящих к постоянному искривлению осей.

8.1.3. БАТАННЫЕ КУЛАКИ ТКАЦКИХ СТАНКОВ

Батан ткацких станков - кулачковый механизм, преобразующий вращательное движение вала привода в качательное движение батанного вала. У этого механизма кулачок и контркулачок соединены между собой и жестко закреплены на валу привода (рис. 8.1.3). Для применения спаренных кулачков необходима высокая точность их изготовления и монтажа. Зазоры в подвижных соединениях и натяги, вызванные неточностью изготовления и сборки, приводят к искажению законов движения. Неравномерность замыкания профилей кулачков роликами ведомого вала вызывает местные натяги и зазоры на участках профиля, соответствующих движению батана. Они оказываются причиной появления ударов и повышенного изнашивания подвижных соединений кулачковой передачи.

Технические требования при изготовлении кулачков следующие: отклонение координат рабочего профиля 0,05 ÷ 0,20 мм, зазор

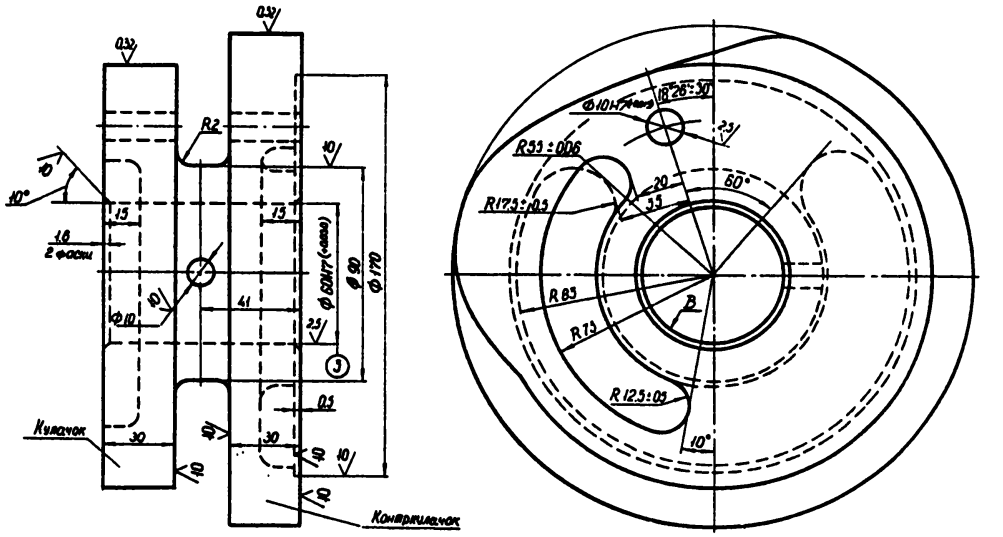


Рис. 8.1.3. Батанный кулак ткацкого станка

между роликом и кулачком не должен превышать 0,05 мм; базовые и фиксирующие отверстия выполняют по 7 - 8-му квалитету точности; отклонение от параллельности образующих поверхностей относительно центрального отверстия не более 0,05 мм на длине 100 мм; твердость поверхностей рабочего профиля 50 ÷ 54 $HRC_э$.

Кулачки изготовляют из чугуна или стали и реже из неметаллических материалов. Относительно большое распространение в текстильном машиностроении получили кулачки из чугуна СЧ 18, СЧ 24, СЧ 28. Заготовки для кулачков отливаются в песчаные, металлические и оболочковые формы. Кулачки изготовляют также из углеродистой качественной стали 35, 40, 45, 50 с последующей термообработкой. Реже применяют легированные стали (для кулачков, работающих при значительных ударных нагрузках). В высокоскоростных прядильных машинах кулачки изготовляют из стали 12ХН3А, 20ХН3А с последующей цементацией. Для стальных кулачков заготовки получают литьем, свободной ковкой или штамповкой.

На первых операциях технологического процесса механической обработки создаются базовые поверхности (центральное отверстие и угловые фиксаторы) для последующей обработки криволинейного профиля. При обработке центрального отверстия и угловых фиксаторов должны быть обеспечены правильность формы, размеров, взаимного расположения поверхностей. От точности координации базовых поверхностей относительно криволинейной поверхности заготовки зависит равномерность распределения припусков на копировальных работах. Центральное отверстие, как правило, обрабатывается на токарно-револьверных станках с установкой заготовки в самоцентрирующем патроне.

Для координации фиксирующих элементов относительно профиля кулачка применяют разметочные шаблоны или специальные приспособления (кондукторы). Профильные поверхности кулачков обрабатываются на специальных копировально-фрезерных и копировально-шлифовальных станках, главным образом с механическим управлением и гидравлической следящей системой. Для обработки кулачков применяют также универсальные станки, специально для этих целей настроенные и оборудованные копирными приспособлениями, и станки с ЧПУ.

8.1.4. ЯЗЫЧКОВЫЕ ТРИКОТАЖНЫЕ ИГЛЫ

Язычковая трикотажная игла (рис. 8.1.4) в процессе петлеобразования является главным рабочим органом. Она постоянно соприкасается с нитью, испытывает разнохарактерное воздействие: ударное о клинья вязальных систем, изгибающее при снятии петель, натяжение нити и др. Качество игл имеет большое значение в бесперебойной работе машины и непосредственно влияет на качество вырабатываемого трикотажного полотна. Язычковые иглы - наиболее массовые изделия.

К язычковым иглам предъявляются следующие требования: твердость рабочих поверхностей игл 55÷58 $HRC_э$; параметр шероховатости $Ra = 1{,}25 \div 0{,}32$ мкм; отклонение от прямолинейности по ребру и плоскости 0,1 мм; смещение продольного паза для язычка от оси иглы 0,06 мм и др. Для обеспечения заданных технических требований необходимо выдержать более 155 размеров иглы, допуск большинства которых соответствует 6-му квалитету точности. Иглы изготовляют из стальной холоднотянутой ленты (У7А, У8А, У10А), а также из игольной проволоки (И1АК, И2АК, И3АК, И1АО, И3АО).

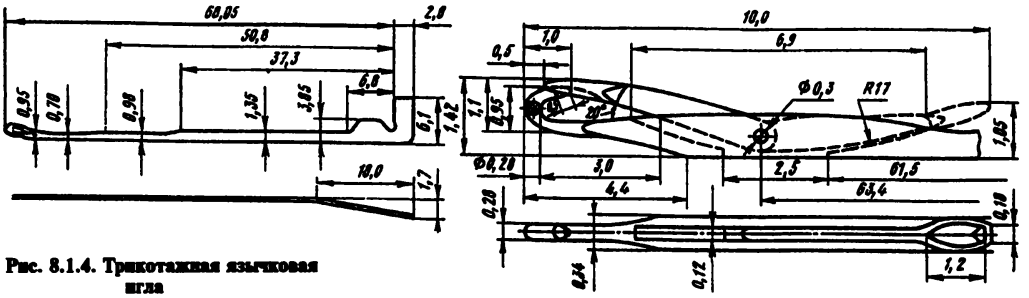


Рис. 8.1.4. Трикотажная язычковая игла

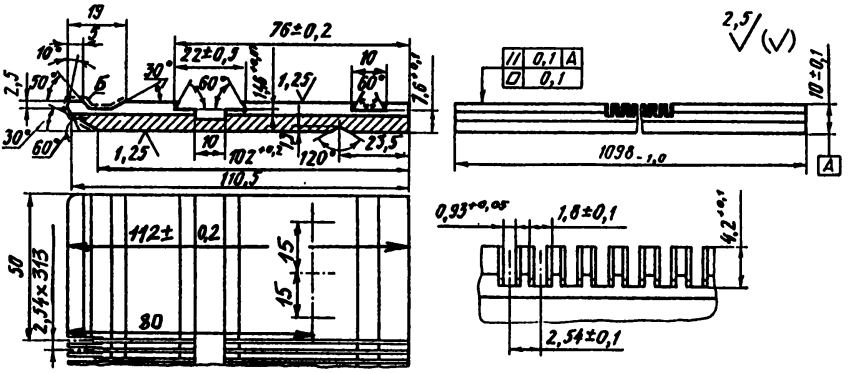


Рис. 8.1.5. Игольница трикотажной плосковязальной машины

Технологический процесс изготовления язычковых игл включает такие операции, как холодная ковка, фрезерование, сборка, отжиг, сортировка, правка, причем 22 операции выполняются на автоматической линии. Автоматическая линия позволяет выполнять следующие операции: подачу игл на конвейер, заточку конца иглы, крепление язычка, отжиг конца иглы с помощью встроенной муфельной электропечи. Отжиг полностью снимает внутренние напряжения на концах игл, прошедших механическую обработку, и исключает поломку игл при загибе крючка вследствие достижения однородности структуры металла. В случае вынужденной остановки автоматической линии муфельная печь автоматически отводится и процесс термообработки прерывается, предупреждая перегрев игл.

Для обеспечения качественного закрепления язычка введена операция обжима продольного паза. Для снижения обрывности пряжи в линию введена операция шлифования язычка. В непрерывный технологический поток включена операция фрезерования продольного паза. Создание конструкции фрезерного блока, состоящего из четырех кинематически связанных и одновременно работающих фрезерных головок, позволило существенно увеличить производительность. Данная операция является наиболее трудоемкой по сравнению с другими операциями механической обработки.

Наиболее ответственной операцией при обработке игл на автоматической линии является фрезерование продольного паза под язычок дисковой фрезой с поперечной подачей. Пазы имеют малую ширину (0,12 + 0,26 мм, небольшую глубину 1 + 2 мм) и незначительную длину (8 + 10 мм) при высоких требованиях к точности изготовления (исключение вылета язычка как в процессе изготовления, так и при эксплуатации). Особо важное значение имеет получение паза иглы с равными по толщине стенками. Разностенность приводит к образованию неравномерных полуосей и одностороннему креплению язычка. При выработке трикотажного полотна язычок с таким креплением вылетает из паза, что приводит к браку трикотажного полотна. Аналогичное влияние на закрепление язычка оказывает и увеличение паза по ширине сверх допустимого.

Технологический процесс изготовления язычковых трикотажных игл включает около 80 различных операций.

8.1.5. ИГОЛЬНИЦЫ ПЛОСКОВЯЗАЛЬНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ МАШИН

Игольница вместе с трикотажными иглами образует важнейший узел машины, от точности и качества изготовления которого во многом зависит качество выпускаемой продукции (рис. 8.1.5). Эксплуатационные показатели игольниц определяются точностью шага, ширины и глубины поперечных пазов, микрогеометрией рабочих поверхностей отбойных гребней и поперечных пазов, износостой-

костью этих поверхностей и допустимым короблением игольниц.

К игольницам предъявляют следующие технические требования: отклонение от параллельности верхних и нижних плоскостей не более 0,1 мм; параметр шероховатости рабочих поверхностей отбойных гребней и поперечных пазов Ra = 1,25 мкм; выступы игольных дорожек должны иметь твердость 45 ÷ 50 $HRC_э$ на высоте 2 мм и на ширине 35 ÷ 40 мм.

В качестве материала для игольниц применяют полосовую сталь 50Г и 45.

Сложная форма, высокая точность размеров и качество рабочих поверхностей предъявляют высокие требования к технологическому процессу изготовления игольниц, который включает низкотемпературный отжиг заготовки, многократную правку, фрезерные, строгальные, шлифовальные и полировальные операции, а также закалку с нагревом ТВЧ. При выполнении большинства операций в игольницах создаются внутренние напряжения. В связи с малой жесткостью игольницы подвержены значительному короблению сразу после снятия заготовок со станка, поэтому подвергаются неоднократно операции правки. Значительный разброс размеров толщины заготовок, поступающих на фрезерную операцию, уменьшается последующим их шлифованием.

Самая ответственная операция в процессе изготовления игольниц - фрезерование игольных поперечных пазов, так как от точности ее выполнения зависят работа трикотажной машины и качество вырабатываемого изделия. Эта операция выполняется на специальном пазофрезерном станке. Игольницы на этой операции фрезеруются попарно, размер $1{,}46^{+0{,}07}$ мм имеет отклонения, поэтому трудно обеспечить выполнение допуска на глубину паза по длине игольницы. Почти после каждого рабочего хода необходимо контролировать этот размер и подстраивать станок. В случае отклонения от допуска следует выполнить дополнительный рабочий ход или обработать плоскость. Фрезерование пазов выполняется с подачей $S_м$ = 16 ÷ 20 мм/мин. Шлифовальную операцию после фрезерования игольных пазов выполняют, используя специальное поворотное приспособление, обеспечивающее установку игольниц по отношению к шлифовальному кругу под требуемыми углами.

Для трикотажной машины большое значение имеет качество отделочной обработки нитеконтактирующих поверхностей, особенно для деталей, участвующих в процессе петлеобразования. От качества поверхностей зависят обрывность и повреждаемость нити, неровность петельной структуры, доля вырезки полотна и производительность трикотажной машины. Нитеконтактирующим органом игольницы является отбойный гребень, при выполнении отделочной обработки которого требуется обеспечить закругление острых кромок и одновременно получить оптимальный микрорельеф рабочих поверхностей, контактирующих с нитью. Важное значение имеет повышение износостойкости отбойного гребня.

Наиболее производительным способом обработки детали сложной формы с обеспечением требуемой шероховатости и прочности поверхностного слоя является обработка на специальном станке дисковыми щетками с металлическим ворсом. Рабочие поверхности отбойных гребней игольницы должны иметь параметр шероховатости Ra = 2,5÷6,5 мкм и радиус закругления кромок R = 0,2÷0,3 мм. Такие параметры обеспечиваются шлифованием вращающимися щетками с ворсинками диаметром $d_в$=0,34 мм, плотностью $\rho_в$= = 65 шт./см^2, длиной свободных концов l = = 25 мм при натяге ворса t = 1,5 мм; скоростью обработки 20,5 м/с, а время 3 с.

8.1.6. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТЕКСТИЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Повышение уровня механизации и автоматизации производственных процессов изготовления текстильных машин, увеличение производительности труда можно осуществлять на основе следующих основных направлений:

дальнейшего углубления предметной и подетальной специализации предприятий;

развития групповых технологических процессов изготовления деталей, обладающих технологической общностью (что является организационной основой применения гибких автоматизированных производственных систем);

применения типовых технологических процессов и повышения технологической оснащенности благодаря использованию универсально-сборочных переналаживаемых приспособлений (УСПП);

расширения производства и применения исходных заготовок для механической обработки, изготовляемых точной штамповкой и прессованием, холодной и горячей высадкой, выдавливанием, ротационной ковкой, порошковой металлургией; литьем в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, литьем под давлением, что сокращает расход металла, повышает коэффициент его использования и снижает трудоемкость механической обработки. Например, методом периодической прокатки получают заготовки шпинделей прядильных и крутильных веретен высокой точности с малыми припусками. Двухслойные нитенаправляющие детали из порошковых материалов обладают как антистатическими, так и антифрикционными свойствами. Благодаря применению колец из спеченных материалов на прядильных и крутильных машинах повышаются износостойкость колец различных типов в 1,5 - 4 раза, а скорость прядения на 4 ÷ 5 %, снижается обрывность пряжи на 25 ÷ 30 %, количество угаров пряжи, время приработки;

расширения применения прогрессивных технологических процессов обработки.

К прогрессивным технологическим процессам обработки можно отнести:

нарезание зубьев цилиндрических колес круговым протягиванием на зубопротяжных станках;

отделочное шлифование кругами из эльбора;

одновременное шлифование нескольких поверхностей детали кругами сложного профиля на станках с алмазными правящими роликами;

алмазное выглаживание для улучшения качества поверхностей у деталей типа тел вращения;

обкатка, раскатка, непрерывное протягивание, обработка точных отверстий алмазными хонами;

применение электрофизических и электрохимических, ультразвуковых и лазерных методов размерной обработки деталей;

применение инструмента из новых материалов (композиционных, поликристаллического кубического нитрида бора для обработки деталей из труднообрабатываемых и закаленных сталей, сплавов цветных металлов и чугуна с прерывистыми поверхностями), алмазного;

использование средств активного контроля.

Так, электроэрозионной обработкой получают сквозные отверстия любого профиля поперечного сечения в фильерах для формования химических нитей и волокон. Лазерным способом прошивают сквозные отверстия в керамических фильерах, упрочняют внутреннюю цилиндрическую поверхность корпуса компрессора ткацких станков, шляпок чесальных машин, ножей ткацких станков и др. Плазменное напыление используют для повышения износостойкости прядильных дисков крутильно-вытяжных машин. Уменьшению износа зубьев батана ткацких машин способствует ионно-плазменное напыление.

Проектирование технологических процессов (ТП) целесообразно с использованием трех основных методов: типовых технологических процессов; групповых технологических процессов; единичных технологических процессов, когда процесс разрабатывается на каждую отдельную деталь. Этим методам проектирования технологических процессов соответствуют два способа автоматизации проектирования:

1) САПР унифицированных технологических процессов, осуществляющая поиск типовых, групповых или ранее разработанных единичных технологических процессов и доработку процессов в соответствии с характеристиками конкретной детали, содержащимися во входном документе;

2) САПР единичных технологических процессов, осуществляющая программный синтез технологического процесса из элементов технологического процесса (операций, переходов и т.д.), содержащихся в памяти ЭВМ.

Весьма перспективным является применение САПР ТП на базе микроЭВМ, ориентированной на диалоговое взаимодействие с технологом-проектировщиком. С применением мощных персональных компьютеров изменяется форма работы технолога, поскольку доступными становятся не только вход и выход САПР ТП, но и процесс проектирования в любой его точке. САПР ТП, применяемые в текстильном машиностроении, позволяют заменить традиционное ручное проектирование автоматизированным, повысить производительность технологических расчетов в 10 - 15 раз, сократить сроки технологической подготовки производства новых изделий в 3 - 4 раза, повысить производительность операций на 20 ÷ 30 %, снизить себестоимость обработки деталей на 15 ÷ 20 %.

Для комплексной механизации и автоматизации производственных процессов следует предусматривать применение: комплексно-механизированных и автоматизированных цехов; автоматических и гибких автоматизированных линий; специальных и агрегатных станков; автоматизированных транспортно-складских систем. Для механизации серийного и мелкосерийного производства следует предусматривать применение гибких производственных систем с переналаживаемой технологией по изготовлению групп деталей, обладающих технологической общностью (цехов, участков, гибких модулей), роботизированных технологических комплексов, станков с ЧПУ, промышленных роботов и манипуляторов, автоматизированных систем проектирования технологических процессов, автоматизированных складов, механизации межоперационного перемещения деталей.

Глава 8.2

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

8.2.1. МОДЕЛЬ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

При построении математической модели в зависимости от характера операций технологического процесса может быть использован математический аппарат различной сложности (от простых алгебраических уравнений до дифференциальных с частными производными). Модели могут быть детерминированными и вероятностными. В детерминированных моделях каждая переменная или параметр может принимать определенное фиксированное значение или ряд фиксированных значений в любых заданных условиях. Вероятностные модели характеризуются тем, что вместо описания связи между входными и выходными переменными используются уравнения связи между законами распределения или ве-

роятностными характеристиками (математическими ожиданиями, дисперсиями) этих переменных.

В зависимости от структуры и содержания технологического процесса для математического описания его используют различные виды моделей:

линейную

$$z_i = a_{i0} + \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \quad (i = 1,\dots,m); \qquad (8.2.1)$$

полиноминальную второго порядка (квадратичная модель)

$$z_l = a_{l0} + \sum_{j=1}^{n} a_{lj} x_j + \sum_{j,l=1}^{n} a_{jl}^{(i)} x_j x_l \quad (i = 1,\dots,m); \qquad (8.2.2)$$

экспоненциальную

$$z_l = \exp(a_{l0} + a_{l1} x_1 + \dots + a_{ln} x_n) \quad (i = 1, \dots, m); \qquad (8.2.3)$$

степенную

$$z_l = \left(a_{l0} + \sum_{j=1}^{n} a_{lj} x_j\right)^{\alpha} \quad (i = 1,\dots,m; \alpha \neq 0); \qquad (8.2.4)$$

мультипликативную

$$z_l = a_{l0} x_1^{a_{l1}} \cdot x_2^{a_{l2}} \cdot \dots \cdot x_n^{a_{ln}} \quad (i = 1,\dots,m), \qquad (8.2.5)$$

где z_l - выходные параметры (точность размеров и формы готовой детали, параметры шероховатости и др.); x_j - первичные технологические факторы или входные параметры (режимы обработки, свойства обрабатываемого материала, геометрические параметры режущего инструмента, жесткость технологической системы и др.); a_{l0}, a_{lj} - коэффициенты, характеризующие зависимость выходного параметра качества от данного технологического фактора.

Нелинейные модели частного вида (8.2.2) - (8.2.5) могут быть преобразованы в линейные модели различными способами. Ниже рассмотрены линейные и линеаризуемые модели технологических процессов.

Рассмотрим отдельную операцию в составе технологического процесса. Каждая операция преобразует заготовку из одного промежуточного состояния в другое и характеризуется точностью размеров, формы, параметрами шероховатости, остаточными напряжениями и другими показателями качества.

Математическая модель технологической операции представляется как неоднородное линейное преобразование пространства $U \to U_1$, которое может быть задано формулой

$$\vec{z} = A_0 + A\vec{x} \left(\vec{z} \in U_1,\ \vec{x} \in U\right), \qquad (8.2.6)$$

где

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}, \quad \vec{z} = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_m \end{pmatrix}, \quad A_0 = \begin{pmatrix} a_{10} \\ a_{20} \\ \vdots \\ a_{m0} \end{pmatrix},$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}, \qquad (8.2.7)$$

где $\vec{z}$ - случайный вектор выходных параметров качества обработки (точность размеров, формы, взаимного расположения поверхностей, параметры шероховатости и др.), полученных в результате выполнения данной операции; $\vec{x}$ - случайный вектор входных параметров качества заготовок и параметров технологической системы; A_0 - матрица-столбец постоянных составляющих выходных параметров; A - матрица взаимных связей, составленная из коэффициентов, отображающих влияние того или иного фактора на выходной параметр качества обработки.

Пространство U входных параметров (факторное пространство) может быть представлено в виде прямой суммы пространств $U = U_0 \oplus V$, в которых изменяются случайные векторы входных параметров качества заготовки $\vec{x}_1$ (точность размеров, формы, параметры шероховатости поверхности и др.) и параметров технологической системы $\vec{x}_2$ (неточности станка, размерное изнашивание режущего инструмента, упругие и температурные деформации технологической системы и т.п.).

Этому соответствует представление уравнений связи (8.2.6) в виде

$$\vec{z} = A_0 + A_1\vec{x}_1 + A_2\vec{x}_2 \quad \left(\vec{x}_1 \in U_0,\ \vec{x}_2 \in U\right). \qquad (8.2.8)$$

Матричные формулы, связывающие между собой вероятностные характеристики входных и выходных параметров качества данной операции, имеют следующий вид:

математические ожидания

$$\vec{m}_z = A_0 + A\vec{m}_x; \qquad (8.2.9)$$

дисперсии

$$D_{zl} = A_l i K_{xx} A_l' \quad (i = 1,\dots,m), \qquad (8.2.10)$$

где $\vec{m}_z = \left(m_{z_1},\dots,m_{z_m}\right)'$ и $\vec{m}_x = \left(m_{x_1},\dots,m_{x_n}\right)'$ - векторы математических ожиданий выходных $\vec{z}$ и входных параметров $\vec{x}$ качества; A_l - i-я строка матрицы A; знак (') означает транспонирование; $K_{xx} = (K_{xixj})^{n \times n}$ - корреляционная матрица входных параметров качества.

Используя (8.2.9) и (8.2.10), получим матричные выражения для координаты середины поля рассеяния

$$\vec{\Delta}_{0z} = A_0 + A\left(\vec{\Delta}_{0x} + \Delta_x\vec{\alpha}_x\right) - \Delta_z\vec{\alpha}_z \tag{8.2.11}$$

и поля рассеяния выходных параметров качества деталей

$$\Delta_{zi} = k_{zi}^{-1}\left(A_i k_x \Delta_x K_{xx}^{н} \Delta_x k_x A_i'\right)^{1/2} (i = 1,\dots,m), \tag{8.2.12}$$

где $\Delta_x = \mathrm{diag}(\Delta_{x1}, \dots, \Delta_{xn})$, $\Delta_z = \mathrm{diag}(\Delta_{z1}, \dots, \Delta_{zm})$ - диагональные матрицы полей рассеяния компонент векторов $\vec{x}$ и $\vec{z}$; $\vec{\alpha}_x = (\alpha_{x1}, \dots, \alpha_{xn})'$ и $\vec{\alpha}_z = (\alpha_{z1}, \dots, \alpha_{zm})'$ - векторы-столбцы коэффициентов относительной асимметрии законов распределения входных $\vec{x}$ и выходных $\vec{z}$ параметров качества; $K_{xx}^{н} = \left(K_{x_i x_j}\right)^{n\times n}$ - нормированная корреляционная матрица входных параметров; $k_x = \mathrm{diag}(k_{x1}, \dots, k_{xn})$, $k_z = \mathrm{diag}(k_{z1}, \dots, k_{zm})$ - диагональные матрицы коэффициентов относительного рассеяния законов распределения компонент векторов $\vec{x}$ и $\vec{z}$.

В качестве примера рассмотрим построение математической модели, определяющей точность размеров и формы посадочного отверстия детали-крышки после чистовой токарной обработки в зависимости от погрешности размерных параметров заготовок (рис. 8.2.1, *а*). Схеме поставлен в соответствие направленный граф соотношений между погрешностями обработки и размерными параметрами заготовки (рис. 8.2.1, *б*).

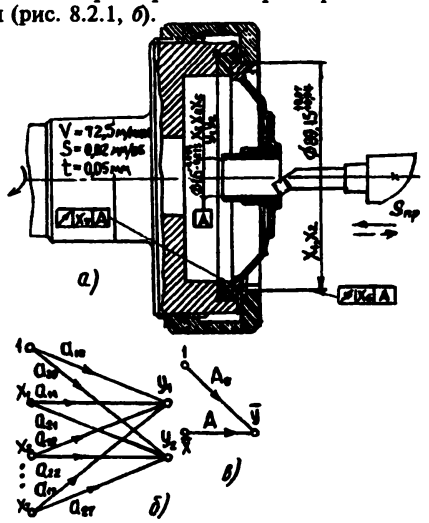


Рис. 8.2.1. Схема токарной обработки крышки (*а*) и графы взаимосвязей между погрешностями размерных параметров заготовок и деталей после токарной обработки для скалярной записи уравнений связи (*б*) и матричной (*в*)

На основании графа токарной операции исходные уравнения связи между размерными параметрами заготовок и погрешностями обработки в матричной форме запишем в виде (рис. 8.2.1, *в*):

$$\vec{y} = A_0 + A\vec{x}, \tag{8.2.13}$$

где

$$\vec{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix};\quad A_0 = \begin{pmatrix} a_{10} \\ a_{20} \end{pmatrix};\quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{17} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{27} \end{pmatrix};$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_7 \end{pmatrix}. \tag{8.2.14}$$

Рассматривая размерные параметры заготовок и обработанных деталей в виде случайных величин и применяя к (8.2.11) теоремы о числовых характеристиках, получим матричные выражения, связывающие между собой точностные характеристики параметров заготовок и погрешностей обработки:

математические ожидания

$$M_y = A_0 + AM_x; \tag{8.2.15}$$

дисперсии

$$D_y = D_{y/x} + BD_x. \tag{8.2.16}$$

Входящие в (8.2.15) и (8.2.16) матрицы, имеют вид

$$M_y = \begin{pmatrix} m_{y_1} \\ m_{y_2} \end{pmatrix};\quad M_x = \begin{pmatrix} m_{x_1} \\ m_{x_2} \end{pmatrix};\quad D_y = \begin{pmatrix} \sigma_{y_1}^2 \\ \sigma_{y_2}^2 \end{pmatrix};$$

$$B = \begin{pmatrix} a_{11}^2 & a_{12}^2 & \dots & a_{17}^2 \\ a_{21}^2 & a_{22}^2 & \dots & a_{27}^2 \end{pmatrix};\quad D_x = \begin{pmatrix} \sigma_{x_1}^2 \\ \vdots \\ \sigma_{x_7}^2 \end{pmatrix};$$

$$D_{y/x} = \begin{pmatrix} \sigma_{y_1/x_1,\dots x_7}^2 \\ \sigma_{y_2/x_1,\dots,x_7}^2 \end{pmatrix}. \tag{8.2.17}$$

Для определения численных значений параметров математической модели было проведено исследование партии 100 деталей. Полученные экспериментальные данные обработаны корреляционными методами (табл. 8.2.1).

Пользуясь табл. 8.2.1, на основании (8.2.15) и (8.2.16) получим математическую модель, определяющую точность размеров и формы посадочного отверстия в зависимости от погрешностей заготовок:

математические ожидания

$$\begin{pmatrix} m_{y_1} \\ m_{y_2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 19{,}0196 \\ -3{,}6928 \end{pmatrix} +$$

$$+10^{-3}\begin{pmatrix} -40 & -239 & 34 & 344 & -302 & 40 & 0 \\ 40 & 43 & 8 & 352 & 131 & -4 & -80 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} m_{x_1} \\ \vdots \\ m_{x_7} \end{pmatrix}; \tag{8.2.18}$$

8.2.1. Значения характеристик точности и взаимосвязей между погрешностями размерных параметров заготовок и деталей после чистовой токарной обработки крышки (см. рис. 8.2.1)

Размерные параметры	Среднее значение m_{xj} и m_{yi}, мм	Среднее квадратическое отклонение σ_{xj}, σ_{yi}, мкм	Коэффициент корреляции		Коэффициент переноса погрешностей		Постоянная погрешность операции a_{i0}, мм	Дисперсия собственных случайных погрешностей операции $\sigma^2_{y_i/x_1,\ldots,x_7}$, мм
			$r_{y_1x_j}$	$r_{y_2x_j}$	a_{1j}	a_{2j}		
Заготовка								
Диаметр базовой поверхности x_1	89,2025	1,33	-0,03	0,10	-0,040	0,040	-	-
Отклонение от круглости базовой поверхности x_2	0,0030	1,35	-0,18	0,11	-0,239	0,043	-	-
Диаметр отверстия заготовки x_3	15,8089	3,16	0,06	0,05	0,034	0,008	-	-
Отклонение от круглости отверстия заготовки x_4	0,0017	1,04	0,20	0,69	0,344	0,352	-	-
Конусообразность отверстия заготовки x_5	0,0010	0,89	-0,15	0,22	-0,302	0,131	-	-
Радиальное биение базовой поверхности x_6	0,0138	6,52	0,15	-0,05	0,040	-0,004	-	-
Торцовое биение базовой плоскости x_7	0,0035	0,73	0	-0,11	0	-0,080	-	-
Деталь после токарной обработки								
Диаметр посадочного отверстия после окончательного растачивания y_1	15,9892	1,79	-	-	-	-	19,019	$2813{,}8\times10^{-9}$
Отклонение от круглости посадочного отверстия после окончательного растачивания y_2	0,0017	0,5	-	-	-	-	-3,693	$122{,}5\times10^{-9}$

Обозначения: $a_{ij} = r_{y_ix_j}\dfrac{\sigma_{y_i}}{\sigma_{x_j}}$ $(i = 1, 2; j = 1, 2, \ldots, 7)$; $a_{i_0} = m_{y_i} - \sum_{j=1}^{7} a_{i_j} m_{x_j}$; $\sigma^2_{y_i/x_1,\ldots,x_7} = \sigma^2_{y_{i1}}\left(1 - R^2_{y_i/x_1,\ldots,x_7}\right)$; $R_{y_i/x_1,\ldots,x_7} = \sqrt{\sum_{j=1}^{7} r^2_{y_ix_j}}$.

дисперсии

$$\begin{pmatrix}\sigma^2_{y_1}\\ \sigma^2_{y_2}\end{pmatrix} = 10^{-9}\begin{pmatrix}2813\\ 122{,}5\end{pmatrix} +$$

$$+10^{-5}\begin{pmatrix}160 & 5712 & 116 & 11834 & 9120 & 160 & 0\\ 160 & 185 & 6 & 12390 & 1716 & 2 & 640\end{pmatrix} \times$$

$$\times\begin{pmatrix}\sigma^2_{x_1}\\ \vdots\\ \sigma^2_{x_7}\end{pmatrix}. \qquad (8.2.19)$$

На основании полученной модели можно рассчитывать точность чистовой токарной обработки деталей, а также обоснованно назначать требования к точности заготовки и в некоторых случаях расширять допуски на ее изготовление. Это, в свою очередь, улучшает технико-экономические показатели технологического процесса.

8.2.2. МОДЕЛЬ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Для анализа качества многооперационного технологического процесса и особенно автоматической линии необходимо установить закономерности изменения параметров качества от одной операции к другой, которые позволили бы определять параметры качества деталей на выходе по известным параметрам качества заготовок на входе автоматической линии. При этом возможны два случая:

1) параметры качества конечной операции зависят только от выходов одной предыдущей операции и параметров технологической системы конечной операции и не зависят от характеристик всех выполненных ранее операций;

2) параметры качества конечной операции зависят от входов и выходов всех предшествующих операций (в общем случае) и от параметров технологической системы конечной операции. От параметров технологических систем предыдущих операций показатели точности конечной операции зависят опосредованно через выходы предшествующих операций.

Рассмотрим первый случай. Для того чтобы технологические операции рассматривались как линейные функции на пространствах выходных параметров качества детали, факторное пространство i-й операции определяется как прямая сумма

$$U_{i-1} \oplus V_i \oplus \ldots \oplus V_n, \qquad (8.2.20)$$

где U_{i-1} - пространство случайного вектора входных параметров заготовок i-й операции; V_i - пространство случайного вектора параметров технологической системы этой же операции.

Каждая технологическая операция представляется как отображение линейных пространств

$$U_{i-1} \oplus V_i \oplus \ldots \oplus V_n \to U_i \oplus V_{i+1} \oplus \ldots \oplus V_n, \qquad (8.2.21)$$

которая может быть записана в виде

$$\vec{x}_i = A_{i0} + A_i\vec{x}_{i-1} \quad (i = 1,\ldots,n). \qquad (8.2.22)$$

Матрицы A_{i0} и A_i, входящие в (8.2.22), имеют вид

$$A_i = \left(\begin{array}{c|c} T_i & 0\\ \hline 0 & E_i\end{array}\right); \quad A_{i0} = \begin{pmatrix}T_{i0}\\ 0\\ \vdots\\ 0\end{pmatrix}, \qquad (8.2.23)$$

где T_i, T_{i0} - матрицы, осуществляющие преобразование векторов входных параметров $U_{i-1} \oplus V_i$ в векторы выходных параметров качества U_i на i-й операции; E_i - единичная матрица размерности $\sum_{j=i+1}^{n} \dim V_j$.

Для удобства анализа качества многооперационных технологических процессов перейдем от системы (8.2.22) к однородным уравнениям связи:

$$\tilde{\vec{x}}_i = \tilde{A}_i\tilde{\vec{x}}_{i-1} \quad (i = 1,\ldots,n). \qquad (8.2.24)$$

где

$$\tilde{A}_i = \left(\begin{array}{c|c} 1 & 0\ 0\ldots0\\ \hline A_{i0} & A_i\end{array}\right); \quad \tilde{\vec{x}}_i = \begin{pmatrix}x_{i0}\\ \vec{x}_i\end{pmatrix} \quad (i = 0,1,\ldots,n) \qquad (8.2.25)$$

С учетом изложенного уравнения связи между входным качеством заготовки и выходным качеством готовой детали запишутся в виде

$$\tilde{\vec{x}}_n\tilde{A}_n \cdot \ldots \cdot \tilde{A}_1\tilde{\vec{x}}_0 \qquad (8.2.26)$$

или в неоднородном виде

$$\vec{x}_n = A_{n0} + A_nA_{n-1,0} + \ldots + A_n \cdot \ldots \cdot A_2A_{10} + A_n \cdot \ldots \cdot A_1\vec{x}_0. \qquad (8.2.27)$$

Вершины графа многооперационного технологического процесса (рис. 8.2.2), иллюстрирующего уравнения связи (8.2.26) и (8.2.27), индексированы векторами - входными и выходными параметрами качества обрабатываемых заготовок, а ребра - передаточными матрицами. Путь из вершины $\tilde{\vec{x}}_0$ в вершину $\tilde{\vec{x}}_n$, пройденный по графу в направлении ориентации, означает переход от исходных свойств заготовки к заданным (окончательным) свойствам готовой детали по (8.2.26).

Уравнения связи вероятностных характеристик входных параметров заготовок с выходными параметрами качества готовых деталей имеют следующий вид:

для математического ожидания

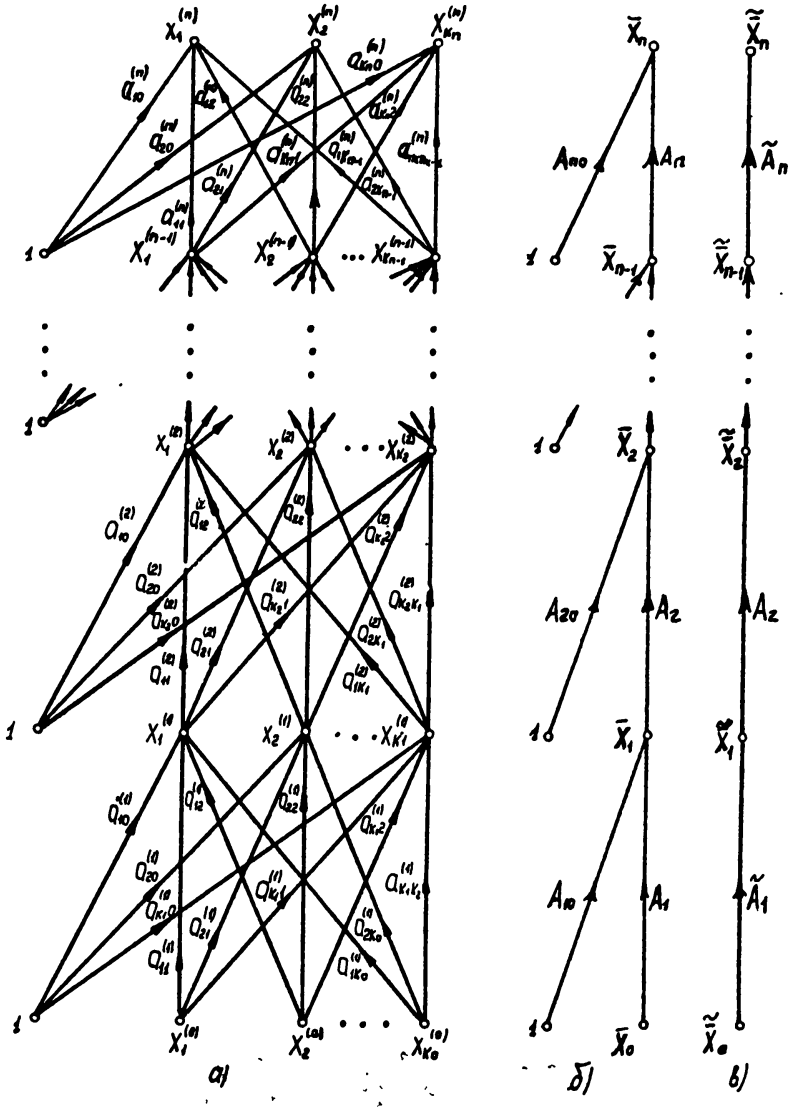


Рис. 8.2.2. Граф многооперационного технологического процесса (частный случай):
а - для скалярной записи уравнений связи (8.2.26); *б, в* - для матричной записи неоднородных уравнений связи (8.2.27) и однородных уравнений связи (8.2.26)

$$\tilde{\tilde{m}}_{\tilde{\tilde{x}}_n} = \tilde{A}_n \cdots \tilde{A}_1 \tilde{\tilde{m}}_{\tilde{\tilde{x}}_0}; \qquad (8.2.28)$$

для дисперсии

$$D^{(n)}_{x_k} = A_{nk} A_{n-1} \cdots A_1 K_{x_0 x_0} A'_1 \cdots A'_{n-1} A'_{nk} \quad (k = 1, \ldots, s_k), \qquad (8.2.29)$$

где A_{nk} - k-я строка матрицы A_i, определяемой согласно (8.2.23).

Поле рассеяния выходных параметров качества деталей после конечной операции

$$\Delta_{x_k^{(n)}} = k^{-1}_{x_k^{(n)}} \left(A_{nk} A_{n-1} \cdots A_1 k_{x_0} \Delta_{x_0} \times \right.$$

$$\left. \times K_{x_0 x_0} \Delta_{x_0} k_{x_0} A'_1 \cdots A'_{n-1} A'_{nk} \right)^{1/2} \quad (k = 1, \ldots, s_k). \qquad (8.2.30)$$

Для второго случая, когда каждая операция зависит не только от предыдущей, но и от всех предшествующих ей операций, расчетные формулы имеют более сложный вид. В их основе лежат технологические аналоги k-мерных цепей Маркова.

Введем следующие обозначения, сводящие формально сложную модель (второй случай) к простой модели (первый случай) технологического процесса: $\bar{z}_0$ - случайный вектор исходных свойств заготовок, изменяющийся в факторном пространстве U_0; $\bar{z}_i$ - случайный вектор выходных параметров качества деталей на i-й операции, изменяющийся в пространстве U_i ($i = 1, ..., n$); $\bar{y}_i$ - случайный вектор параметров технологических систем, изменяющийся в пространстве $V_i (i = 1,..., n)$.

Факторным пространством i-й операции будет пространство вектора $\bar{x}_{i-1}$:

$$U_{i-1} \oplus ... \oplus U_0 \oplus V_i \oplus ... \oplus V_n. \tag{8.2.31}$$

Пространство выходных параметров качества детали в результате i-го процесса - пространство вектора $\bar{x}_i$

$$U_i \oplus U_{i-1} \oplus ... \oplus U_0 \oplus V_{i+1} \oplus ... \oplus V_n, \tag{8.2.32}$$

а i-я операция будет линейной неоднородной функцией из пространства (8.2.31) в пространство (8.2.32). Конечная операция будет представляться как отображение пространств

$$U_{n-1} \oplus ... \oplus U_0 \oplus V_n \xrightarrow{\varphi_n} U_n. \tag{8.2.33}$$

Последовательное выполнение всей совокупности взаимосвязанных операций и изменение параметров точности размеров, формы, качества поверхности от одной операции к другой в математической модели представляется как композиция соответствующих функций. В матричном виде функции φ_i можно записать в виде

$$\bar{x}_i = A_{i0} + A_i \bar{x}_{i-1} \quad (i = 1,\dots,n). \tag{8.2.34}$$

где A_{i0} - матрица-столбец свободных членов модели; A_i - матрица взаимных связей.

Матрицы

$$A_{i0} = \begin{pmatrix} T_{i0} \\ \hline 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}; \quad A_i = \left(\begin{array}{c|c|c|c} T_{z_i} & P_i & T_{y_i} & 0 \\ \hline & E & 0 & \\ \hline 0 & & & E \end{array}\right)$$

$$(i = 1,\dots,n) \tag{8.2.35}$$

Блоки T_{z_i}, P_i и T_{y_i}, входящие в (8.2.35), отражают влияние входов и выходов всех предшествующих операций и характеристик i-й технологической системы на параметры качества обработки деталей после i-й операции технологического процесса. Причем

$$T_{z_i} = \begin{pmatrix} a_{11}^{(i)} & a_{12}^{(i)} & \dots & a_{1l_{i-1}}^{(i)} \\ a_{21}^{(i)} & a_{22}^{(i)} & \dots & a_{2l_{i-1}}^{(i)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{l_i1}^{(i)} & a_{l_i2}^{(i)} & \dots & a_{l_il_{i-1}}^{(i)} \end{pmatrix};$$

$$T_{y_i} = \begin{pmatrix} a_{1,l_{i-1}+1}^{(i)} & \dots & a_{1,l_{i-1}+p_i}^{(i)} \\ a_{2,l_{i-1}+1}^{(i)} & \dots & a_{2,l_{i-1}+p_i}^{(i)} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{l_i,l_{i-1}+1}^{(i)} & \dots & a_{l_i,l_{i-1}+p_i}^{(i)} \end{pmatrix}. \tag{8.2.36}$$

Формула (8.2.34) внешне совпадает с (8.2.22) простой модели технологического процесса. Однако векторы параметров качества изменяются в разных пространствах и матрицы взаимных связей выглядят по-разному.

Для того чтобы в уравнениях связи (8.2.34) учесть отдельно влияние предшествующих операций и параметров технологической системы на выходные параметры качества данной операции, введем новые обозначения. Представим вектор $\bar{x}_i$ выходных параметров качества в виде блоков меньшей размерности:

$$\bar{x}_i = \left(\bar{z}_i \,|\, \dots \,|\, \bar{z}_0 \,|\, \bar{y}_{i+1} \,|\, \dots \,|\, \bar{y}_n\right)' \quad (i = 0,1,\dots,n). \tag{8.2.37}$$

Тогда, учитывая (8.2.35) и (8.2.37), уравнения связи (8.2.34) для i-й операции можно записать в виде

$$\bar{z}_i = T_{i0} + T_{zi}\bar{z}_{i-1} + P_i \begin{pmatrix} \bar{z}_{i-2} \\ \hline \vdots \\ \hline \bar{z}_0 \end{pmatrix} + T_{y_i}\bar{y}_i \quad (i = 1,\dots,n), \tag{8.2.38}$$

где

$$\bar{z}_i = \begin{pmatrix} z_1^{(i)} \\ z_2^{(i)} \\ \vdots \\ z_{ik}^{(i)} \end{pmatrix}; \quad \bar{y}_i = \begin{pmatrix} y_1^{(i)} \\ y_2^{(i)} \\ \vdots \\ y_{pk}^{(i)} \end{pmatrix}; \tag{8.2.39}$$

$$T_{i0} = \left(a_{10}^{(i)}, a_{20}^{(i)}, \dots, a_{li0}^{(i)}\right)';$$

$$P_i = \left(P_{i,i-2} \,|\, P_{i,i-3} \,|\, \dots \,|\, P_{i1} \,|\, P_{i0}\right). \tag{8.2.40}$$

На выходные параметры качества $\tilde{z}_i$ после i-й операции влияют три группы входов по (8.2.38): входы z_{i-1}, являющиеся выходами предшествующей $(i-1)$-й операции; входы y_i, характеризующие параметры технологической системы i-й операции; входы $z_{i-2}, z_{i-3}, \dots, z_0$, являющиеся выходами всех предыдущих $(i-1)$-й операций, включая исходные свойства заготовки.

Граф сложной модели технологического процесса отличается от рассмотренного выше графа простой модели добавлением надстройки (часть графа выше горизонтального пути), которая отражает влияние входов предыдущих операций и исходных свойств заготовки на параметры качества последующих операций. Граф технологического процесса может быть дополнен графом, соответствующим этапу эксплуатации деталей в текстильной машине. Тогда можно оценить влияние точности каждой операции на надежность изготовляемых деталей и исходя из этого обоснованно подойти к управлению процессом обработки с тем, чтобы свойства обрабатываемых заготовок, положительно влияющие на надежность детали, сохранять в течение всего технологического процесса, а свойства, влияющие отрицательно, - исключить сначала.

8.2.3. ОПТИМИЗАЦИЯ ДОПУСКОВ НА ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

С помощью приведенных математических моделей можно решить одну из двух точностных задач: анализа или синтеза. Задача анализа сводится к расчету суммарной погрешности обработки по заданным допускам на технологические факторы. Решение этой задачи однозначное. Задачей синтеза является выбор допусков на исходные факторы заготовки и параметры технологической системы по заданной точности обработки, она не имеет однозначного решения и требует применения методов оптимизации для отыскания приемлемого варианта.

Оптимизация допусков на исходные факторы включает: определение многомерной области допустимых значений технологических факторов, в которой удовлетворяется заданная точность обработки; нахождение оптимальной точки в области допустимых значений, в которой заданная целевая функция достигает экстремального значения.

Выбор критерия оптимальности. В большинстве случаев эта задача не может быть решена математическими методами. Поэтому выбор критерия для технологической операции следует проводить в зависимости от конкретных условий и задач, поставленных при проектировании новых или совершенствовании действующих технологических процессов. В зависимости от объекта и цели исследования критерии оптимизации могут быть весьма разнообразны. В большинстве случаев критериями оптимизации служат экономические, технико-экономические и другие показатели технологического процесса. Наиболее употребительными экономическими критериями являются прибыль, себестоимость и рентабельность. Среди технико-экономических критериев наибольшее распространение имеет производительность, качество, надежность и точность технологических процессов.

Реальные процессы, как правило, сложны. Они часто требуют одновременного учета нескольких (иногда очень многих) критериев. В принципе каждый технологический процесс может характеризоваться сразу всей совокупностью критериев. Движение к оптимуму возможно, если выбран один единственный критерий оптимизации. Тогда прочие характеристики процесса уже не выступают в качестве критериев оптимизации, а служат ограничениями. Другой путь - построение обобщенного критерия как некоторой функции от множества исходных. Так, обобщенный критерий в виде линейной комбинации других целевых функций имеет наиболее простую математическую структуру, что упрощает решение задачи оптимизации. Но при этом возникает проблема определения весовых коэффициентов и уяснения физического смысла построенного таким образом обобщенного критерия.

Себестоимость изготовления деталей является одним из важнейших показателей технологического процесса и поэтому часто используется на практике в качестве критерия оптимизации. Рассмотрим применение стоимостного критерия для расчета оптимальных допусков исходных технологических факторов.

Оптимизация допусков для модели процесса с многими входами и одним выходом. Для наглядного представления о методе определения допусков, обеспечивающих заданную точность и наименьшую себестоимость обработки, рассмотрим сначала простейший случай только двух исходных технологических факторов и одного показателя точности. Пусть показатель точности y является линейной комбинацией исходных факторов x_1 и x_2:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2. \qquad (8.2.41)$$

Если случайные величины x_1 и x_2 являются независимыми, то на основании общей формулы (8.2.19) поля рассеяния погрешности обработки и исходных факторов связаны соотношением

$$k_y^2 \Delta_y^2 = a_1^2 k_{x_1}^2 \Delta_{x_1}^2 + a_2^2 k_{x_2}^2 \Delta_{x_2}^2. \qquad (8.2.42)$$

Введем обозначения $\eta = k_y \Delta_y$; $\xi_i = k_{x_i} \Delta_{x_i}$ $(i = 1, 2)$. Тогда вместо (8.2.42) имеем

$$\eta^2 = a_1^2\xi_1^2 + a_2^2\xi_2^2. \qquad (8.2.43)$$

Величины ξ_1, ξ_2 и η для краткости будем считать допусками. Пусть себестоимость изготовления детали зависит от допусков ξ_1 и ξ_2 по закону

$$S = A_1 + A_2 + \frac{B_1}{\xi_1^\alpha} + \frac{B_2}{\xi_2^\alpha} \quad (\alpha \geq 0). \qquad (8.2.44)$$

Если задан допуск на показатель качества (например, размерный параметр) детали $\eta \leq \eta_0$, то допуски ξ_1 и ξ_2 на исходные технологические факторы должны удовлетворять неравенству

$$a_1^2\xi_1^2 + a_2^2\xi_2^2 \leq \eta_0^2. \qquad (8.2.45)$$

Кроме того, по определению

$$\xi_1 > 0,\ \xi_2 > 0. \qquad (8.2.46)$$

Уравнение (8.2.43) геометрически выражает конус, вершина которого находится в начале координат, а ось симметрии совпадает с осью η (рис. 8.2.3). Установление допуска на показатель качества с геометрической точки зрения означает задание плоскости $\eta = \eta_0$, параллельной плоскости (ξ_1, ξ_2) технологических факторов. Нахождение точки (ξ_1, ξ_2, η) внутри области D, определяющей четверть конуса $OCDE$, удовлетворяет заданной точности обработки и обеспечивает допуски на технологические факторы. Неравенства (8.2.45)

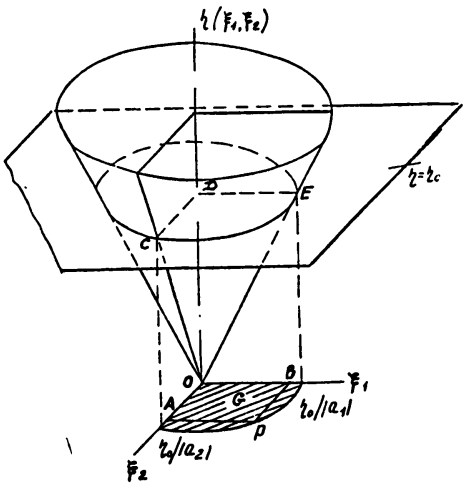


Рис. 8.2.3. Пространственное изображение зависимости допусков ξ_1, ξ_2 на технологические факторы от заданной точности обработки η

и (8.2.46) определяют некоторую область G на плоскости (ξ_1, ξ_2), ограниченную осями координат и четвертью эллипса:

$$a_1^2\xi_1^2 + a_2^2\xi_2^2 = \eta_0^2. \qquad (8.2.47)$$

Это область качества или допустимых значений параметров, поскольку нахождение исходных факторов внутри области G обеспечивает заданную точность обработки. И наоборот, если значения исходных факторов лежат вне этой четверти эллипса, то требуемая точность не обеспечивается и, следовательно, будет брак.

Впишем в область G прямоугольник $OAPB$ так, чтобы его стороны были параллельны осям координат ξ_1, ξ_2, а вершина P, лежащая напротив начала координат, принадлежала кривой (8.2.47). Точку P определим так, чтобы в ней функция стоимости (8.2.44) достигала наименьшего значения для области G. Так как функция (8.2.44) нигде не имеет нулевых частных производных, минимум ее достигается на границе области. На осях координат эта функция бесконечно велика, поэтому ее минимум достигается в области G на дуге эллипса (8.2.47), ограничивающей данную область.

Определим координаты точки P, в которой функция стоимости (8.2.44) достигает наименьшего значения. Эта задача на условный экстремум решается с помощью метода неопределенных множителей Лагранжа. Применяя этот метод, введем вспомогательную функцию

$$\Phi = A_1 + A_2 + \frac{B_1}{\xi_1^\alpha} + \frac{B_2}{\xi_2^\alpha} + \lambda\left(a_1^2\xi_1^2 + a_2^2\xi_2^2 - \eta_0^2\right), \qquad (8.2.48)$$

Дифференцируя (8.2.48), получим систему уравнений оптимизации

$$\begin{aligned} &a_1^2\xi_1^2 + a_2^2\xi_2^2 = \eta_0^2; \\ &-\frac{\alpha B_1}{\xi_1^{\alpha+1}} + 2\lambda a_1^2\xi_1 = 0; \\ &-\frac{\alpha B_2}{\xi_2^{\alpha+1}} + 2\lambda a_2^2\xi_2 = 0. \end{aligned} \qquad (8.2.49)$$

Решая систему (8.2.49), найдем координаты точки P, которые определяют оптимальные допуски на технологические факторы x_1 и x_2:

$$\xi_1 = \frac{\eta_0}{\left[B_1^{\frac{2}{\alpha+2}} a_1^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}} + B_2^{\frac{2}{\alpha+2}} a_2^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}}\right]^{1/2}} \left(\frac{B_1}{a_1^2}\right)^{\frac{1}{\alpha+2}};$$

$$\xi_2 = \frac{\eta_0}{\left[B_1^{\frac{2}{\alpha+2}} a_1^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}} + B_2^{\frac{2}{\alpha+2}} a_2^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}}\right]^{1/2}} \left(\frac{B_2}{a_2^2}\right)^{\frac{1}{\alpha+2}}. \quad (8.2.50)$$

Таким образом, определение допусков на технологические факторы x_1 и x_2 с геометрической точки зрения - это построение прямоугольника $OAPB$, вписанного в область G, в вершине P которого себестоимость обработки (8.2.44) достигает наименьшего значения. Координаты (8.2.50) вершины прямоугольника определяют допуски на каждый исходный фактор отдельно.

Рассмотрим случай оптимизации допусков при произвольном конечном числе независимых технологических факторов и одном выходном показателе качества. При наличии n исходных факторов уравнение полей рассеяния на основании (8.2.12) принимает вид

$$\eta^2 = a_1^2\xi_1^2 + a_2^2\xi_2^2 + \ldots + a_n^2\xi_n^2. \quad (8.2.51)$$

Ограничения на технологические факторы задаются неравенствами

$$a_1^2\xi_1^2 + a_2^2\xi_2^2 + \ldots + a_n^2\xi_n^2 \le \eta_0^2;$$

$$\xi_1 > 0,\ \xi_2 > 0,\ \ldots,\ \xi_n > 0. \quad (8.2.52)$$

Эти неравенства изображают некоторую область G в n-мерном пространстве переменных ξ_j, ограниченную координатными гиперплоскостями и поверхностью гиперэллипсоида, описываемого уравнением

$$a_1^2\xi_1^2 + a_2^2\xi_2^2 + \ldots + a_n^2\xi_n^2 = \eta_0^2. \quad (8.2.53)$$

Функция стоимости, подлежащая минимизации, имеет вид

$$S = \sum_{j=1}^{n}\left(A_j + \frac{B_j}{\xi_j^{\alpha}}\right). \quad (8.2.54)$$

В рассматриваемом случае задача определения допусков сводится к нахождению $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$, удовлетворяющих неравенствам (8.2.52), при которых себестоимость обработки (8.2.54) принимает наименьшее значение. С этой целью составим функцию Лагранжа

$$\Phi = \sum_{j=1}^{n}\left(A_j + \frac{B_j}{\xi_j^{\alpha}}\right) + \lambda\left(-\eta_0^2 + \sum_{j=1}^{n} a_j^2\xi_j^2\right). \quad (8.2.55)$$

Тогда условия оптимум запишем в виде

$$-\frac{\alpha B_j}{\xi_j^{\alpha+1}} + 2\lambda a_j^2\xi_j = 0 \quad (j = 1,2,\ldots,n);$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_j^2\xi_j^2 = \eta_0^2. \quad (8.2.56)$$

Откуда находим оптимальное значение допусков, при которых достигается наименьшее значение функции стоимости обработки

$$\xi_j = \frac{\eta_0}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} B_k^{\frac{2}{\alpha+2}} a_k^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}}}} \left(\frac{B_j}{a_j^2}\right)^{\frac{1}{\alpha+2}} \quad (j = 1,2,\ldots,n). \quad (8.2.57)$$

Эта формула обобщает результат (8.2.50) на случай произвольного числа независимых технологических факторов. В случае зависимых исходных факторов задача оптимизации решается аналогично. К сожалению, она не имеет точного аналитического решения и может быть решена только численными методами.

Итак, нахождение оптимальных допусков на технологические факторы геометрически означает построение гиперпараллелипипеда, вписанного в область G с вершиной, лежащей на поверхности (8.2.53) и определяемой координатами (8.2.57), в которой функция стоимости (8.2.54) минимальна.

Задача оптимизации допусков для модели процесса со многими входными и выходными переменными. Рассмотрим наиболее общий случай оптимизации допусков для модели технологического процесса с n входными и m выходными переменными. Уравнения полей рассеяния погрешностей обработки имеют вид

$$\eta_i^2 = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2\xi_j^2 \quad (i = 1,2,\ldots,m). \quad (8.2.58)$$

Ограничения на входные переменные задаются в виде системы неравенств

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2\xi_j^2 \le \eta_{i0}^2 \quad (i = 1,2,\ldots,m);\ \xi_j > 0.$$

(8.2.59)

Целевая функция, подлежащая минимизации, определяется выражением (8.2.54). Каждое из неравенств (8.2.59) изображает область в n-мерном пространстве переменных ξ_j, ограниченную поверхностью гиперэллипсоида.

Обозначим область переменных ξ_j, удовлетворяющих неравенствам (8.2.59) через G. Впишем в область G n-мерный параллелепипед (n-мерный брус, гиперпараллелепипед) так, чтобы координатные плоскости являлись гранями, а вершина P, лежащая напротив начала координат, принадлежала одной из поверхностей F_l, заданной уравнением

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2 \xi_j^2 = \eta_{i0}^2 \quad (i = 1,2,\ldots,m). \qquad (8.2.60)$$

В вершине P функция $S(P)$ (8.2.54) достигает наименьшего значения в области G. Поскольку функция стоимости (8.2.54) не имеет локального экстремума, она может принимать наименьшее значение в области G только на одной из гиперповерхностей (8.2.60) или на поверхности их пересечений. Область G ограничена координатными плоскостями и кусками поверхностей (8.2.60).

Отыскание минимума функции стоимости обработки (8.2.54) в области G проводим по следующей схеме.

1. Вычисляем точки минимума целевой функции на каждой поверхности F_i (i = 1, 2, ... , m). Всего таких точек не больше m.

2. Рассматриваем возможные попарные перечисления этих гиперповерхностей $F_i \cap F_k$ (i, k = 1, 2, ... , m; $i \neq k$). На каждой поверхности размерности n-2 определяем методом Лагранжа точки минимума целевой функции. Таких точек не больше $C_m^2 = \left[m(m-1)\right]/2$.

3. Берем всевозможные тройные пересечения попарно-различных (n - 1)-мерных эллипсоидов $F_i \cap F_k \cap F_l$ (i, k, l= 1, ... , m; $i \neq k \neq l \neq i$). На каждой из этих поверхностей размерности n - 3 находим точку минимума функции стоимости. Таких точек не больше $C_m^3 = \left[m(m-1)(m-2)\right]/6$.

4. Процесс продолжаем до тех пор, пока число пересекающихся поверхностей не совпадет с размерностью n пространства переменных ξ_j. Эти поверхности пересечения нулевой размерности есть точки. Их число не больше C_m^n. Если $m < n$, то указанная процедура заканчивается раньше на том шаге, на котором рассматривается пересечение всех m гиперэллипсоидов. В общем случае число такого рода задач не превышает $C_m^1 + \ldots + C_m^m = 2^m - 1$.

5. Из всех найденных отбираем только те, в которых неравенства (8.2.59) выполняются.

6. На последнем этапе вычисляем значение функции стоимости во всех отобранных точках и выбираем точку P, в которой целевая функция имеет наименьшее значение. Ее координаты определяют оптимальные допуски $\xi_j \le \xi_{jp}$ на исходные технологические факторы $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

Определим сначала координаты точки P_l на одной из поверхностей F_l (i = 1, ... , m), ограничивающих область G, в которой функция стоимости $S = S(\xi_j)$ принимает наименьшее значение. Повторяя вычисления, аналогичные приведенным выше, получим следующее выражение для координат точки P_l, определяющих оптимальные допуски:

$$\xi_{lj} = \frac{\eta_{l0}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} B_k^{\frac{2}{\alpha+2}} a_{lk}^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}}}} \left(\frac{B_j}{a_{lj}^2}\right)^{\frac{1}{\alpha+2}} \quad (j = 1,2,\ldots,n). \qquad (8.2.61)$$

Рассмотрим пересечение поверхностей F_i и F_k

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2 \xi_j^2 = \eta_{i0}^2 \quad (i,k = 1,2,\ldots,m;\ i \neq k;\ n > 2);$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{kj}^2 \xi_j^2 = \eta_{k0}^2. \qquad (8.2.62)$$

Определим координаты точки P_{ik} на пересечение поверхностей F_i и F_k, в которой функция стоимости (8.2.54) принимает наименьшее значение. Составим функцию Лагранжа

$$\Phi = \sum_{j=1}^{n}\left(A_j + \frac{B_j}{\xi_j^2}\right) + \lambda_1\left(-\eta_{i0}^2 + \sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2 \xi_j^2\right) + \lambda_2\left(-\eta_{k0}^2 + \sum_{j=1}^{n} a_{kj}^2 \xi_j^2\right), \qquad (8.2.63)$$

где i и k - фиксированы.

Найдем частные производные функции (8.2.63) и приравняем их нулю:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \xi_j} = -\frac{\alpha B_j}{\xi_j^{\alpha+1}} + 2\left(\lambda_1 a_{ij}^2 + \lambda_2 a_{kj}^2\right)\xi_j = 0$$

$$(j = 1,2,\ldots,m).$$

Отсюда

$$\xi_j = \left[\frac{\alpha B_j}{2\left(\lambda_1 a_{ij}^2 + \lambda_2 a_{kj}^2\right)}\right]^{\frac{1}{\alpha+2}} \quad (j = 1,2,\ldots,m). \tag{8.2.64}$$

Подставляя (8.2.64) в (8.2.62), получим систему двух уравнений, из которых находим λ_1 и λ_2:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2 \left[\frac{\alpha B_j}{2\left(\lambda_1 a_{ij}^2 + \lambda_2 a_{kj}^2\right)}\right]^{\frac{2}{\alpha+2}} = \eta_{i0}^2;$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{kj}^2 \left[\frac{\alpha B_j}{2\left(\lambda_1 a_{ij}^2 + \lambda_2 a_{kj}^2\right)}\right]^{\frac{2}{\alpha+2}} = \eta_{k0}^2. \tag{8.2.65}$$

Определив λ_1 и λ_2 из системы (8.2.65) и подставив в (8.2.64), получим координаты искомой точки P_{ik}, определяющие оптимальные допуски на технологические факторы. Система (8.2.65) не имеет точного аналитического решения и может быть решена только численными методами.

В общем случае нахождения условного экстремума функции стоимости обработки (8.2.54) на пересечении l поверхностей $F_i(n>l)$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{r_1 j}^2 \xi_j^2 = \eta_{r_1 0}^2;$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots \tag{8.2.66}$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{r_l j}^2 \xi_j^2 = \eta_{r_l 0}^2,$$

где $r_1 < r_2 < \ldots < r_l$ - значения 1, 2, ... , m; $m \geq l$.

Образуем функцию Лагранжа

$$\Phi = \sum_{j=1}^{n}\left(A_j + \frac{B_j}{\xi_j^{\alpha}}\right) + \sum_{k=1}^{l}\left[\lambda_{r_k}\left(-\eta_{r_k 0}^2 + \sum_{j=1}^{n} a_{r_k j}^2 \xi_j^2\right)\right]. \tag{8.2.67}$$

Найдем ее частные производные

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \xi_j} = -\frac{\alpha B_j}{\xi_j^{\alpha+1}} + 2\sum_{k=1}^{l} \lambda_{r_k} a_{r_k j}^2 \xi_j = 0 \quad (j = 1,2,\ldots,n), \tag{8.2.68}$$

откуда

$$\xi_j = \left[\frac{\alpha B_j}{2\sum\limits_{k=1}^{l} \lambda_{r_k} a_{r_k j}^2}\right]^{\frac{1}{\alpha+2}} \quad (j = 1,2,\ldots,n). \tag{8.2.69}$$

Подставляя (8.2.69) в (8.2.66), получим систему l уравнений для определения l неизвестных $\lambda_{r_1}, \lambda_{r_2}, \ldots, \lambda_{r_l}$:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{r_1 j}^2 \left[\frac{\alpha B_j}{2\sum\limits_{k=1}^{l} \lambda_{r_k} a_{r_k j}^2}\right]^{\frac{2}{\alpha+2}} = \eta_{r_1 0}^2;$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \tag{8.2.70}$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{r_l j}^2 \left[\frac{\alpha B_j}{2\sum\limits_{k=1}^{l} \lambda_{r_k} a_{r_k j}^2}\right]^{\frac{2}{\alpha+2}} = \eta_{r_l 0}^2.$$

Найдя $\lambda_{r_1}, \lambda_{r_2}, \ldots, \lambda_{r_k}$ из системы (8.2.70) и подставляя в (8.2.69), получим координаты ξ_{jp} точки P, в которой целевая функция достигает минимума на пересечении выбранных l поверхностей. Координаты точки P определяют искомые допуски на параметры заготовки и технологической системы. Если технологический процесс характеризуется большим числом входных и выходных переменных, то изложенная процедура требует громоздких вычислений, возможных только с использованием ЭВМ по программе. На рис. 8.2.4 приведен алгоритм программы решения общей задачи оптимизации допусков для модели процесса со многими входными и выходными переменными.

Пример. Провести оптимизацию допусков в случае двух исходных факторов и двух показателей точности, в которых задача имеет аналитическое решение. В этом случае целевая функция, которая должна минимизироваться, определяется формулой (8.2.44), а ограничения на допуски технологических факторов имеют вид

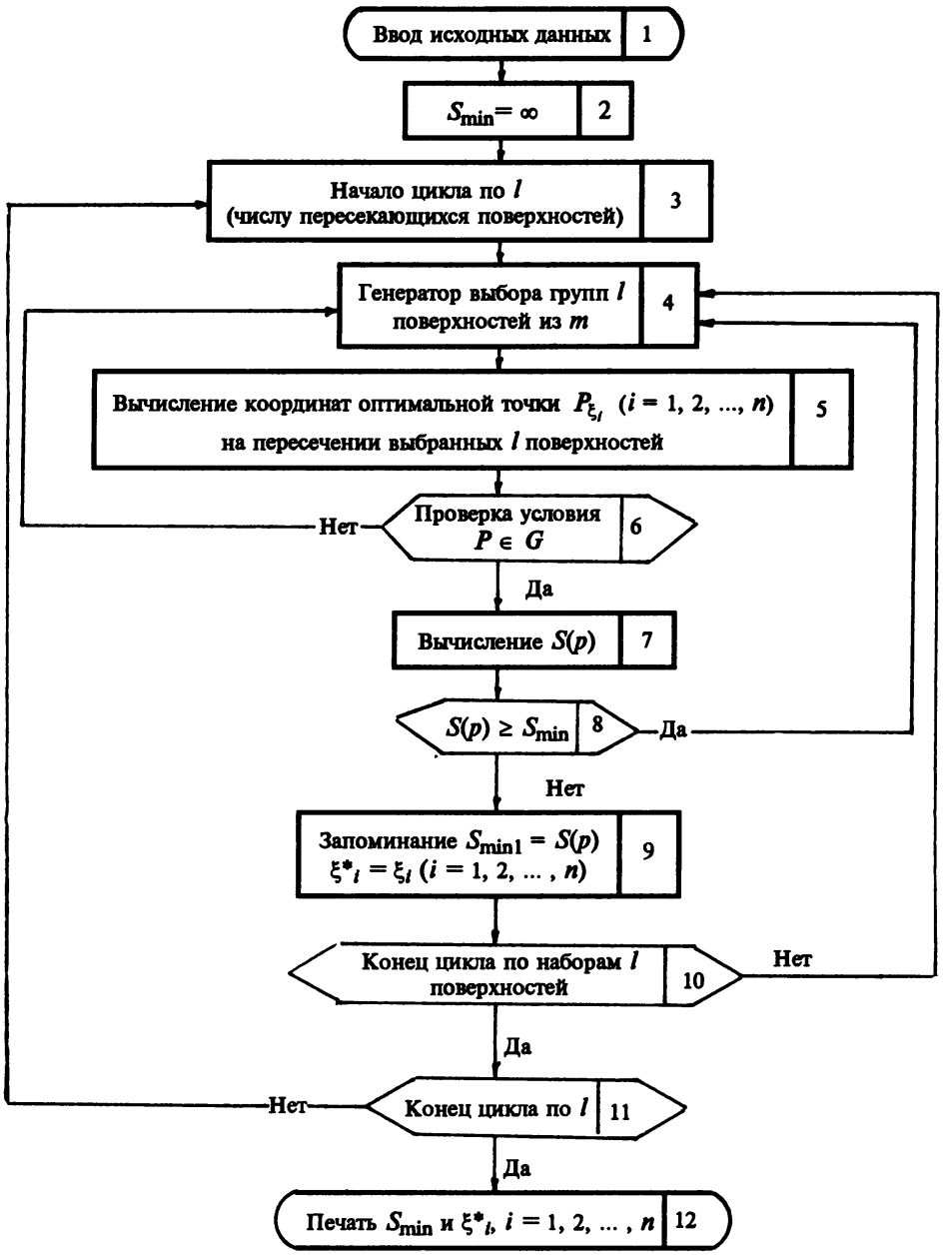


Рис. 8.2.4. Алгоритм программы решения задачи оптимизации допусков

$$a_{11}^2\xi_1^2 + a_{12}^2\xi_2^2 \leq \eta_{10}^2;$$

$$a_{21}^2\xi_1^2 + a_{22}^2\xi_2^2 \leq \eta_{20}^2;$$

$$\xi_1 > 0, \ \xi_2 > 0. \qquad (8.2.71)$$

Неравенства (8.2.71) определяют область G на плоскости (ξ_1, ξ_2), конкретный вид которой зависит от соотношения величин η_{20}/a_{22}, η_{10}/a_{12}, η_{20}/a_{21} и η_{10}/a_{11}. Наименьшее значение функции стоимости (8.2.44) в области G. Функция (8.2.44) принимает наименьшее значение на кривой

$$a_{11}^2\xi_1^2 + a_{12}^2\xi_2^2 = \eta_{10}^2 \qquad (8.2.72)$$

в точке A с координатами

$$\xi_{1A} = \frac{\eta_{10}}{\left[B_1^{\frac{2}{\alpha+2}}a_{11}^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}} + B_2^{\frac{2}{\alpha+2}}a_{12}^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}}\right]^{1/2}}\left(\frac{B_1}{a_{11}^2}\right)^{\frac{1}{\alpha+2}};$$

$$\xi_{2A} = \frac{\eta_{10}}{\left[B_1^{\frac{2}{\alpha+2}}a_{11}^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}} + B_2^{\frac{2}{\alpha+2}}a_{12}^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}}\right]^{1/2}}\left(\frac{B_2}{a_{12}^2}\right)^{\frac{1}{\alpha+2}}. \qquad (8.2.73)$$

На кривой

$$a_{21}^2\xi_1^2 + a_{22}^2\xi_2^2 = \eta_{20}^2 \qquad (8.2.74)$$

в точке B с координатами

$$\xi_{1B} = \frac{\eta_{20}}{\left[B_1^{\frac{2}{\alpha+2}}a_{21}^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}} + B_2^{\frac{2}{\alpha+2}}a_{22}^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}}\right]^{1/2}}\left(\frac{B_1}{a_{21}^2}\right)^{\frac{1}{\alpha+2}};$$

$$\xi_{2B} = \frac{\eta_{20}}{\left[B_1^{\frac{2}{\alpha+2}}a_{21}^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}} + B_2^{\frac{2}{\alpha+2}}a_{22}^{\frac{2\alpha}{\alpha+2}}\right]^{1/2}}\left(\frac{B_2}{a_{22}^2}\right)^{\frac{1}{\alpha+2}}. \qquad (8.2.75)$$

В нашем примере поверхности попарных пересечений есть единственная точка C пересечения двух кривых (8.2.72) и (8.2.74) на плоскости (если они пересекаются) с координатами (рис. 8.2.5):

$$\xi_{1C} = \sqrt{\frac{a_{22}^2\eta_{10}^2 - a_{12}^2\eta_{20}^2}{\left(a_{11}a_{22}\right)^2 - \left(a_{12}a_{21}\right)^2}};$$

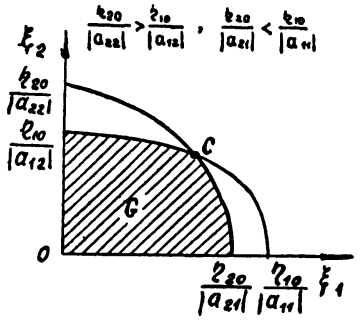


Рис. 8.2.5. Область допусков для двух технологических факторов и двух параметров точности деталей

$$\xi_{2C} = \sqrt{\frac{a_{11}^2\eta_{20}^2 - a_{21}^2\eta_{10}^2}{\left(a_{11}a_{22}\right)^2 - \left(a_{12}a_{21}\right)^2}}. \qquad (8.2.76)$$

Из найденных точек A, B и C выбираем те, для которых выполняются условия (8.2.71), и ту, в которой функция стоимости (8.2.44) принимает наименьшее значение. Координаты этой точки дают оптимальные допуски на технологические факторы.

8.2.4. ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ДИСКОВ

Отклонения формы поперечного сечения оказывают существенное влияние на сборку и правильное функционирование текстильных машин. В неподвижных и плотных соединениях отклонения формы влияют на прочность, точность центрирования, в подвижных - на неравномерность зазоров, плавность хода, точность перемещений, износ, трение, уровень вибрации и шума.

Уравнение контура поперечного сечения детали с элементарными погрешностями формы можно записать в виде тригонометрического полинома k-го порядка:

$$\xi_k(\varphi) = r + x_k\cos(k\varphi + \psi_k),\ k = 2, 3, \ldots, p, \qquad (8.2.77)$$

или

$$\xi_k(\varphi) = r + \eta_k(\varphi), \qquad (8.2.78)$$

где x_k и ψ_k - соответственно амплитуда и фаза k-й гармоники, характеризующей погрешность формы; r - радиус средней окружности, определяемый как среднее значение функции ξ_k за период $T = 2\pi$.

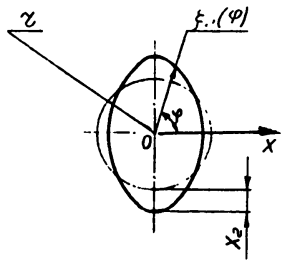
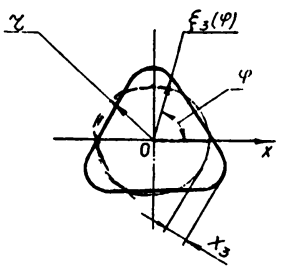
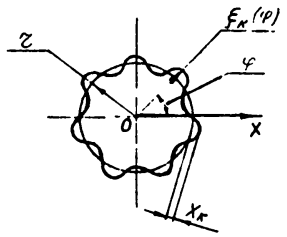
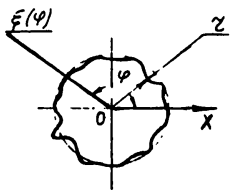
Радиус

$$r = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\xi_k(\varphi)d\varphi. \qquad (8.2.79)$$

При $k = 2$ второе слагаемое правой части (8.2.77) выражает овальность, при $k = 3$ - огранку с трехвершинным профилем, при $k > 3$ - огранку с многовершинным профилем (табл. 8.2.2).

Рассмотрим законы распределения случайной функции (8.2.77), описывающей суммарную погрешность размеров с учетом элементарных отклонений формы в поперечном сечении деталей. Пусть в ходе технологического процесса действуют три неизвестные группы исходных факторов. Первая группа вызывает рассеяние погрешностей собственного размера r, вторая - рассеяние фазового угла ψ_k огранности, третья - приводит к неслучайному значению амплитуды x_k отклонения формы.

8.2.2. Отклонения формы цилиндрической поверхности в поперечном сечении

Отклонение	Эскиз	Уравнение профиля поперечного сечения	Причины возникновения отклонений
Овальность		$\xi_2(\varphi) = r + x_2\cos(2\varphi + \psi_2)$	Овальность шеек шпинделя станка, заготовки, центровых отверстий заготовки или центров станка, упругие деформации деталей (особенно тонкостенных) при закреплении на станке и др.
Огранка с трехвершинным профилем		$\xi_3(\varphi) = r + x_3\cos(3\varphi + \psi_3)$	Особенности процесса бесцентрового шлифования, деформация деталей при закреплении в трехкулачковом патроне
Огранка с многовершинным профилем		$\xi_k(\varphi) = r + x_k\cos(k\varphi + \psi_k)$	Волнистость заготовки и шлифовального круга, неуравновешенность шлифовального круга или обрабатываемой заготовки
Отклонение от круглости		$\xi(\varphi) = r + \sum_{k=2}^{p} x_k\cos(k\varphi + \psi_k)$	Биение шпинделя станка, отклонение от круглости заготовки и шлифовального круга, центровых отверстий заготовки и центров станка, силовые деформации технологической системы, неравномериость припуска

Это означает, что в (8.2.77) амплитуду x_k считают фиксированной, а r и ψ_k - независимыми случайными величинами, причем r подчинено закону Гаусса или близко к нему, т.е. имеет плотность вероятности

$$f(r) = \frac{1}{\sigma_r\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{(r - m_r)^2}{2\sigma_r^2}\right], \qquad (8.2.80)$$

а ψ_k распределено равномерно в интервале от 0 до 2π:

$$f(\psi_k) = \begin{cases} 1/2\pi \text{ при } 0 \le \psi_k \le 2\pi; \\ 0 \text{ при } \psi_k < 0,\ \psi_k < 2\pi. \end{cases} \quad (8.2.81)$$

При этих условиях плотность вероятности овальности, огранки с трех-, четырех- и многовершинным профилем, т.е. второго слагаемого правой части (8.2.78), подчиняется закону арксинуса, определяемому формулой

$$f(\eta_k) = \begin{cases} \left(\pi\sqrt{x_k^2 - \eta_k^2}\right)^{-1} \text{ при } -x_k < \eta_k < x_k; \\ 0 \text{ при } \eta_k < -x_k;\ \eta_k > x_k, \end{cases} \quad (8.2.82)$$

где x_k - параметр закона.

Зная плотность вероятности погрешности собственно размера (8.2.80) и отклонения формы (8.2.82), можно найти закон распределения суммарной погрешности размеров и формы, рассматриваемой в виде суммы (8.2.78) независимых случайных величин r и η_k:

$$f(\xi_k;\ \lambda_k;\ \sigma_r;\ m_r) = \frac{1}{\pi\sigma_r\sqrt{2\pi}} \times$$

$$\times \int_0^{\pi} \exp\left\{-\frac{\left[\lambda_k\sigma_r\cos\alpha - (\xi_k - m_r)\right]^2}{2\sigma_r^2}\right\} d\alpha. \quad (8.2.83)$$

Распределение (8.2.83) является композицией законов Гаусса и арксинуса и имеет три параметра $\lambda_k = x_k / \sigma_r$, σ_r, m_r. Переходя в (8.2.83) от ξ_k к нормированной случайной величине $z_k = \left(\xi_k - m_{\xi_k}\right)/\sigma_{\xi_k}$, получим нормированную плотность вероятности:

$$f(z_k;\ \lambda_k) = \frac{\sqrt{1 + \lambda_k^2/2}}{\pi\sqrt{2\pi}} \times$$

$$\times \int_0^{\pi} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(z_k\sqrt{1 + \frac{\lambda_k^2}{2}} - \lambda_k\cos\alpha\right)^2\right] d\alpha. \quad (8.2.84)$$

Графики плотности вероятности (8.2.84) для различных значений параметра λ_k приведены на рис. 8.2.6. Все они симметричны (асимметрия $\gamma_1 = 0$) и плосковершинны (эксцесс $\gamma_2 < 0$). В первом предельном случае,

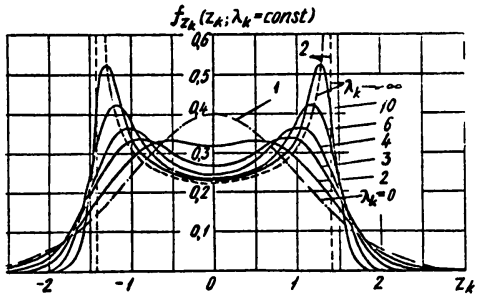


Рис. 8.2.6. Кривые нормированной плотности вероятности суммарной погрешности размеров и формы при различных значениях параметра λ_k (композиция законов Гаусса и арксинуса):
1 - плотность вероятности гауссова распределения;
2 - плотность вероятности распределения арксинуса

когда $\gamma_k \to 0$, графики приближаются к кривой *1* закона Гаусса. Практически это означает, что отклонение от круглости пренебрежимо мало и суммарная погрешность совпадает с погрешностью собственного размера. Во втором предельном случае, когда $\gamma_k \to \infty$, графики стремятся к кривой *2* закона арксинуса: отклонения собственного размера пренебрежимо малы и суммарная погрешность равна погрешности геометрической формы. В общем случае, когда $0 < \lambda_k < \infty$, кривые распределения соответствуют произвольным соотношениям между погрешностями размеров и форм.

Вероятностные характеристики закона распределения суммарной погрешности размеров и формы в поперечном сечении определяются равенствами:

математическое ожидание

$$m_{\xi_k} = m_r;$$

дисперсия

$$\sigma_{\xi_k}^2 = \sigma_r^2 + x_k^2/2;$$

третий центральный момент

$$\mu_3 = 0;$$

четвертый центральный момент

$$\mu_4 = 3\sigma_ч^4\left(1 + \lambda_k^2 + \lambda_k^4/8\right);$$

коэффициент асимметрии

$$\gamma_1 = 0;$$

коэффициент эксцесса

$$\gamma_2 = -\frac{3\lambda_k^4}{8\left(1 + \lambda_k^2/2\right)^2}. \quad (8.2.85)$$

В общем случае, когда отклонения от круглости выражаются суммой конечного числа гармоник с частотами, имеющими определенные дискретные значения, текущий размер можно представить в виде частной суммы тригонометрического ряда Фурье:

$$\xi(\varphi) = r + \sum_{k=2}^{p} x_k \cos(k\varphi + \psi_k) = r + \eta(\varphi), \tag{8.2.86}$$

где

$$\eta(\varphi) = \sum_{k=2}^{p} \eta_k(\varphi) = \sum_{k=2}^{p} x_k(k\varphi + \psi_k), \tag{8.2.87}$$

где p - наибольший порядковый номер гармоники, который имеет отклонения формы; гармоники порядка $p + 1$ и более характеризуют волнистость и шероховатость.

Для партии деталей первое слагаемое (8.2.86) можно рассматривать как случайную величину, а второе - в виде суммы элементарных случайных функций. При этом величина r выражает погрешность собственно размера, постоянного для единичного экземпляра детали и случайного для партии. Сумма элементарных случайных функций $\sum_{k=2}^{p} x_k \cos(k\varphi + \psi_k)$ характеризует отклонения текущего размера по углу поворота и, следовательно, определяет погрешность формы в поперечном сечении - отклонение от круглости, выраженное совокупностью гармоник в общем случае со случайными амплитудами и фазами.

Определим законы распределения случайной функции (8.2.86), характеризующей суммарную погрешность размеров и формы в поперечном сечении. Задача отличается от рассмотренной выше тем, что вторая группа технологических факторов, в свою очередь, состоит из p независимых групп, которые вызывают рассеяния не одного, а совокупности фазовых углов периодических составляющих отклонений от круглости. Таким образом, в (8.2.86) амплитуды x_2, x_3, ... , x_p считаются фиксированными, а r и ψ_2, ψ_3, ... , ψ_p - независимыми случайными величинами, подчиненными соответственно законам распределения (8.2.80) и (8.2.81).

Закон распределения погрешности формы в поперечном сечении, заданный суммой (8.2.87),

$$f(\eta) = \frac{1}{2A}\left[1 + 2\sum_{m=1}^{\infty} \cos\frac{\pi m\eta}{A} \prod_{k=2}^{p} I_0\left(\frac{x_k \pi m}{A}\right)\right];$$

$$-A < \eta < A = \sum_{k=2}^{p} x_k, \tag{8.2.88}$$

где $I_0\left(\frac{x_k \pi m}{A}\right)$ - функция Бесселя нулевого порядка.

При числе слагаемых $p = 10$ расхождение между распределением (8.2.88) и законом Гаусса не имеет практического значения. Плотность вероятности суммарной погрешности размеров и формы, заданной случайной функцией (8.2.86), имеет вид

$$f(\xi) = \frac{1}{\sigma_r \sqrt{2\pi} 2A} \times$$
$$\times \int_{-A}^{A}\left[1 + 2\sum_{m=1}^{\infty} \cos\frac{\pi m\eta}{A} \prod_{k=2}^{p} I_0\left(\frac{x_k \pi m}{A}\right)\right] \times$$
$$\times \exp\left\{-\frac{\left[\eta - (\xi - m_r)\right]^2}{2\sigma_r^2}\right\} d\eta. \tag{8.2.89}$$

Математическое ожидание и дисперсия закона распределения суммарной погрешности размеров и формы определяется по формулам

$$m_\xi = m_r;\ \sigma_\xi^2 = \sigma_r^2 + 1/2\sum_{k=2}^{p} x_k^2. \tag{8.2.90}$$

8.2.5. ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Отклонения формы в поперечном и продольном сечениях оказывают существенное, а порой и решающее влияние на сборку и правильное функционирование текстильных машин. Воздействие отклонений формы становится особенно значительным при увеличении нагрузок, скоростей, рабочих температур современного оборудования, повышении требований к его точности и надежности.

Погрешность размеров и элементарных видов отклонений формы в поперечном сечении деталей типа тел вращения можно представить в виде тригонометрического полинома k-го порядка (8.2.77).

Предположим, что погрешность собственно размера r, амплитуда x_k и фаза ψ_k отклонений формы в (8.2.77) не постоянны, а изменяются по осевой координате z. Тогда

$$\xi_k(\varphi, z) = r(z) + x_k(z)\cos[k\varphi + \psi_k(z)],$$
$$k = 1, 2, \ldots, p. \qquad (8.2.91)$$

Эта формула представляет собой сумму нулевого и k-го члена разложения функции $\xi(\varphi, z)$ в ряд Фурье по углу поворота при постоянной осевой координате z и выражает в общем виде любые комбинации элементарных видов отклонений формы в поперечном и продольном сечениях цилиндрических деталей.

Уравнения, описывающие различные виды отклонений формы в поперечном и продольном сечениях, можно получить из общей формулы (8.2.91) при конкретных видах функций $r(z)$, $x_k(z)$ и $\psi_k(z)$.

Например, для описания конусообразности в продольном сечении (табл. 8.2.3) и овальности ($k = 2$) или огранности ($k > 2$) в поперечном сечении применяется следующая аддитивная модель:

$$\xi_k(\varphi, z) = r_0 + \alpha z + x_k\cos(k\varphi + \psi_k) =$$
$$= r + \alpha(z - L/2) + x_k\cos(k\varphi + \psi_k), \qquad (8.2.92)$$

где r_0 - радиус средней окружности, являющийся средним значением функции $\xi_k(\varphi, z)$ при $z = 0$; $\alpha = \mathrm{tg}\beta$ - параметр, характеризующий конусообразность; L - длина детали; r - радиус среднего цилиндра (т.е. собственно размер детали), определяемый как среднее значение функции $\xi_k(\varphi, z)$ за период L и 2π.

Рассмотрим более общий случай, когда отклонения размеров и формы в поперечном и продольном сечениях выражаются следующим тригонометрическим полиномом:

$$\xi(\varphi, z) = r(z) + \sum_{k=1}^{p} x_k(z)\cos[k\varphi + \psi_k(z)]. \qquad (8.2.93)$$

Эта формула получена разложением функции $\xi(\varphi, z)$ погрешности размеров и формы в ряд Фурье по углу поворота φ при постоянной осевой координате z и исключением гармоник высоких порядков. В выражении (8.2.93) собственно размер $r(z)$, амплитуда $x_k(z)$ и фаза $\psi_k(z)$ - величины не постоянные, а зависящие от осевой координаты z.

Рассмотрим аддитивную схему образования погрешностей. Для этого положим в (8.2.93) $x_k(z) = x_k = \mathrm{const}$; $\psi_k(z) = \psi_k = \mathrm{const}$. Тогда, разлагая функцию $r(z)$ в ряд Фурье по z и отбрасывая гармоники высоких порядков, получим выражение для погрешности размеров с учетом отклонений формы поперечного и продольного сечений:

$$\xi(\varphi, z) = r + \sum_{k=1}^{p} x_k\cos(k\varphi + \psi_k) +$$
$$+\sum_{n=1}^{q} y_n\cos(2\pi nz/L + m_n), \qquad (8.2.94)$$

где x_k и ψ_k - соответственно амплитуда и начальная фаза k-й гармоники отклонений формы в поперечном сечении; y_n и m_n - соответственно амплитуда и начальная фаза n-й гармоники отклонений профиля продольного сечения; p и q - порядковые номера гармоник для отклонений формы соответственно в поперечном и продольном сечениях.

Введем обозначения

$$\eta(\varphi) = \sum_{k=1}^{p}\eta_k(\varphi) = \sum_{k=1}^{p} x_k\cos(k\varphi + \psi_k); \qquad (8.2.95)$$

$$\mu(z) = \sum_{n=1}^{q}\mu_n(z) = \sum_{n=1}^{q} y_n\cos(2\pi zn / L + m_n). \qquad (8.2.96)$$

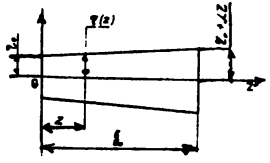
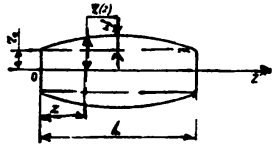
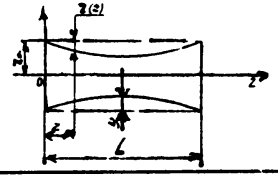
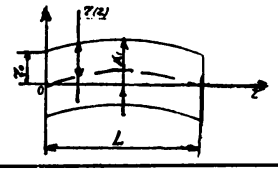
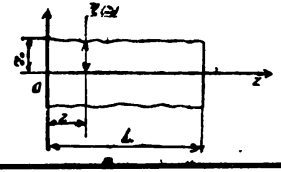
Тогда вместо (8.2.94) можно написать

$$\xi(\varphi, z) = r + \eta(\varphi) + \mu(z). \qquad (8.2.97)$$

При изготовлении партии деталей первое слагаемое (8.2.97) можно рассматривать как случайную величину, а второе и третье - в виде суммы элементарных случайных функций. Случайная величина r выражает погрешность собственно размера, который при этом случайным образом изменяется от одной детали к другой. Элементарные случайные функции $\eta(\varphi)$ и $\mu(z)$ в (8.2.97) описывают отклонения формы в поперечном и продольном сечениях. Сумма случайных функций выражает общую погрешность формы по углу поворота и осевой координате z (отклонение от цилиндричности) деталей.

Пусть в процессе обработки партии деталей действуют пять независимых групп технологических факторов: первая группа вызывает рассеяние погрешностей собственно размера r, вторая и третья - рассеяние начальных фазовых углов ψ_k и m_n составляющих отклонений формы в поперечном и продольном сечениях, четвертая и пятая приводят к случайным значениям амплитуд x_k и y_n составляющих от-

8.2.3. Отклонения формы цилиндрической поверхности в продольном сечении

Отклонение	Эскиз	Уравнение профиля продольного сечения	Причины возникновения отклонений
Конусообразность		$r(z) = r_0 + \alpha z = r + \alpha\left(z - \frac{L}{2}\right)$	Отклонение от соосности центров передней и задней бабок станка в горизонтальной плоскости, от параллельности направляющих станка и линии центров в горизонтальной плоскости; износ инструмента (для деталей большой длины)
Бочкообразность		$r(z) = r_0 + y\sin\left(\frac{\pi z}{L}\right) =$ $= r + y\left[-\frac{2}{\pi} + \sin\left(\frac{\pi z}{L}\right)\right]$	Деформация заготовки под действием силы резания (если ее жесткость меньше жесткости узлов станка); недостаточная длина перебега хонинговальных брусков (менее 0,25 ÷ 0,33 длины бруска)
Седлообразность		$r(z) = r_0 - y\sin\left(\frac{\pi z}{L}\right) =$ $= r - y\left[-\frac{2}{\pi} + \sin\left(\frac{\pi z}{L}\right)\right]$	Деформация узлов станка под действием силы резания (если их жесткость меньше, чем у заготовки); отклонение от соосности центров в вертикальной плоскости, от параллельности между направляющими и линией центров в вертикальной плоскости; большая длина перебега хонинговальных брусков
Изогнутость		$r(z) = r_0 + x_1 \sin\left(\frac{\pi z}{L}\right)$	Кривизна заготовки; деформация нежестких заготовок (при большой длине); неправильная установка оси заготовки относительно линии центров кругов при бесцентровом шлифовании
Отклонение профиля продольного сечения $r(z)$		$\xi(z) = r_0 +$ $+ \sum_{n=1}^{q} y_n \cos\left(\frac{2\pi n z}{L} + m_n\right)$	Отклонение от прямолинейности продольного движения стола шлифовального станка, от прямолинейности его перемещений по отношению к оси вращения заготовки, от соосности расположения центров; силовые и тепловые деформации технологической системы, неравномерность припуска

клонений формы в поперечном и продольном сечениях. Это означает, что в исходной формуле (8.2.94) r, ψ_k, m_n, x_k и y_n рассматриваются как независимые случайные величины. При этом r подчиняется гауссовому распределению с параметрами m_r и σ_r, ψ_k и m_n распределены равномерно в интервале $(0, 2\pi)$, а x_k и y_n следуют закону Рэлея с математическим ожиданием m_{x_k}, m_{y_k} и дисперсиями $\sigma^2_{x_k}$ и $\sigma^2_{y_k}$.

Рассмотрим закон распределения суммарной погрешности размеров и отклонений формы в поперечном и продольном сечениях. Найдем сначала плотность вероятности отклонения от круглости, представленного суммой (8.2.95). Каждое слагаемое правой части (8.2.95) подчиняется гауссовскому распределению. Поэтому закон Гаусса выполняется и для суммы (8.2.95). Следовательно, выражение для плотности вероятности отклонения от круглости, определяемой согласно (8.2.95),

$$f(\eta) = \frac{1}{\sigma_\eta\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{\eta^2}{2\sigma^2_\eta}\right). \quad (8.2.98)$$

Математическое ожидание этого закона равно нулю, а дисперсия

$$\sigma^2_\eta = \frac{1}{2}\sum_{k=2}^{p}\left(m^2_{x_k} + \sigma^2_{x_k}\right). \quad (8.2.99)$$

Аналогичную формулу получим для плотности вероятности погрешности формы продольного сечения, описываемой случайной функцией (8.2.96),

$$f(\mu) = \frac{1}{\sigma_\mu\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{\mu^2}{2\sigma^2_\mu}\right); \quad (8.2.100)$$

где

$$\sigma^2_\mu = \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{q}\left(m^2_{y_n} + \sigma^2_{y_n}\right),\ m_\mu = 0. \quad (8.2.101)$$

Плотность вероятности общей погрешности формы (отклонение от цилиндричности), равная сумме отклонений формы в поперечном и продольном сечениях,

$$s(\varphi, z) = \eta(\varphi) + \mu(z). \quad (8.2.102)$$

На основании формулы для плотности вероятности суммы двух независимых случайных величин, подчиняющихся закону Гаусса, можно написать

$$f(s) = \frac{1}{\sigma_s\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{s^2}{2\sigma^2_s}\right). \quad (8.2.103)$$

Таким образом, отклонение от цилиндричности также следует закону Гаусса с нулевым средним значением $m_s = 0$ и дисперсией

$$\sigma^2_s = \sigma^2_\eta + \sigma^2_\mu = \frac{1}{2}\sum_{k=2}^{p}\left(m^2_{x_k} + \sigma^2_{x_k}\right) + \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{q}\left(m^2_{y_n} + \sigma^2_{y_n}\right). \quad (8.2.104)$$

Для определения закона распределения суммарной погрешности размеров с учетом отклонений формы в поперечном и продольном сечениях найдем выражение для плотности вероятности случайной величины ξ, являющейся сечением случайной функции $\xi(\varphi, z)$ при $\varphi = \text{const}$ и $z = \text{const}$, определяемой (8.2.97). Рассматриваемая величина $\xi(\varphi, z)$ есть сумма трех независимых случайных величин r, $\eta(\varphi)$ и $\mu(z)$, каждая из которых подчиняется гауссовому распределению. Следовательно, искомый закон распределения величины $\xi(\varphi, z)$, выражающий суммарную погрешность размеров и формы в поперечном и продольном сечениях, будет также гауссовым:

$$f(\xi) = \frac{1}{\sigma_\xi\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{(\xi - m_\xi)^2}{2\sigma^2_\xi}\right). \quad (8.2.105)$$

Математическое ожидание m_ξ и среднее квадратичное отклонение σ_ξ общей погрешности размеров и формы определяются формулами:

$$m_\xi = m_r;$$

$$\sigma^2_\xi = \sigma^2_r + \frac{1}{2}\sum_{k=2}^{p}\left(m^2_{x_k} + \sigma^2_{x_k}\right) + \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{q}\left(m^2_{y_n} + \sigma^2_{y_n}\right). \quad (8.2.106)$$

8.2.6. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ДИАМЕТРАЛЬНЫМИ И РАДИУСНЫМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Выше приведены формулы для расчета суммарной погрешности размеров и формы, оцениваемой в радиусной мере (по разности текущих радиусов). Эта мера является универсальной, применимой к любым отклонениям формы независимо от их характера. На практике большое распространение получила диаметральная мера отклонений (по разности текущих диаметров). Однако ее использование для оценки огранки с нечетным числом граней и изогнутости не представляется возможным,

так как при этих отклонениях диаметр является постоянным. В диаметральной мере непостоянство диаметров поверхности измеряется с помощью обычных двухконтактных приборов, применяемых для контроля валов и отверстий, а для контроля радиусных отклонений требуются специальные методы и средства.

Для того чтобы получить предельные значения погрешностей в диаметральной мере по известным величинам отклонений в радиусной мере, необходимо знать соотношение между этими мерами. Поэтому перейдем к рассмотрению зависимости между вероятностными характеристиками суммарной погрешности диаметра и радиуса цилиндрических деталей.

Представим формулу (8.2.77) текущего радиуса в следующем виде:

$$\xi(\varphi) = r + u(\varphi) + v(\varphi), \quad (8.2.107)$$

где $u(\varphi)$ и $v(\varphi)$ - суммы четных и нечетных гармоник соответственно.

Второе и третье слагаемые правой части (8.2.107) имеют вид

$$u(\varphi) = \sum_{k=1}^{s} x_{2k} \cos(2k\varphi + \psi_{2k});$$

$$v(\varphi) = \sum_{k=1}^{n} x_{2k+1} \cos\left[(2k+1)\varphi + \psi_{2k+1}\right],$$

где

$$s = \begin{cases} \dfrac{p-1}{2}, & \text{если } p - \text{нечетное}; \\ \dfrac{p}{2}, & \text{если } p - \text{четное}; \end{cases}$$

$$n = \begin{cases} \dfrac{p-1}{2}, & \text{если } p - \text{нечетное}; \\ \dfrac{p-2}{2}, & \text{если } p - \text{четное}; \end{cases}$$

p - наибольший порядковый номер гармоники для отклонений формы.

Используя (8.2.107), напишем выраженне для текущего диаметра:

$$\eta(\varphi) = \xi(\varphi) + \xi(\varphi+\pi) = 2r + u(\varphi) + v(\varphi) + u(\varphi + \pi) + v(\varphi + \pi). \quad (8.2.108)$$

Так как

$$u(\varphi + \pi) = u(\varphi), \quad v(\varphi + \pi) = -v(\varphi), \quad (8.2.109)$$

то, подставляя (8.2.109) в (8.2.108), получим

$$\eta(\varphi) = 2[r + u(\varphi)]. \quad (8.2.110)$$

Таким образом, диаметральные отклонения формы состоят только из четных гармоник. Будем считать, что r, $u(\varphi)$ и $v(\varphi)$ в (8.2.107) являются независимыми случайными величинами для постоянного φ. Тогда дисперсии σ_ξ^2 и σ_η^2 погрешностей радиуса (8.2.107) и диаметра (8.2.110) определяются по формулам

$$\sigma_\xi^2 = \sigma_r^2 + \sigma_u^2 + \sigma_v^2; \quad \sigma_\eta^2 = 4\left(\sigma_r^2 + \sigma_u^2\right).$$

Откуда

$$\frac{\sigma_\eta}{\sigma_\xi} = 2\sqrt{\frac{\sigma_r^2 + \sigma_u^2}{\sigma_r^2 + \sigma_u^2 + \sigma_v^2}} \quad (8.2.111)$$

или

$$\frac{\sigma_\eta}{\sigma_\xi} = 2\sqrt{\rho_{\xi_r}^2 + \rho_{\xi_u}^2} = 2\sqrt{1 - \rho_{\xi_v}^2} = 2R_{\xi/ru}, \quad (8.2.112)$$

где ρ_{ξ_r} - коэффициент корреляции между суммарной погрешностью радиуса и отклонением собственно размера; ρ_{ξ_u}, ρ_{ξ_v} - коэффициенты корреляции между суммарной погрешностью радиуса и отклонением от круглости, характеризуемой совокупностью четных и нечетных гармоник; $R_{\xi/r,u}$ - коэффициент множественной корреляции между суммарной погрешностью радиуса и собственно размера и отклонения от круглости, выраженных гармониками четного порядка.

Коэффициенты корреляции ρ_{ξ_r}, ρ_{ξ_u}, ρ_{ξ_v} и $R_{\xi/r,u}$, входящие в (8.2.112), определяются следующим образом:

$$\rho_{\xi_r} = \frac{\sigma_r}{\sigma_\xi}; \quad \rho_{\xi_u} = \frac{\sigma_u}{\sigma_\xi}; \quad \rho_{\xi_v} = \frac{\sigma_v}{\sigma_\xi};$$

$$R_{\xi/r,u} = \sqrt{\rho_{\xi_r}^2 + \rho_{\xi_u}^2} = \sqrt{1 - \rho_{\xi_v}^2}. \quad (8.2.113)$$

Значение коэффициента множественной корреляции в (8.2.113) изменяется в интервале $0 \le R_{\xi/r,u} \le 1$. Следовательно, отношение

$$0 \le \sigma_\eta / \sigma_\xi \le 2. \quad (8.2.114)$$

Используя (8.2.112), можно получить отношение между диаметральным Δ_η и радиусным Δ_ξ полями рассеяния погрешности размеров с учетом отклонений формы цилиндрических деталей:

$$\frac{\Delta_\eta}{\Delta_\xi} = 2R_{\xi/r,u}\frac{k_\xi}{k_\eta}, \qquad (8.2.115)$$

где k_ξ и k_η - коэффициенты относительного рассеяния законов распределения погрешностей радиуса (8.2.107) и диаметра (8.2.110).

На основании (8.2.115) находим предельные значения отношения

$$0 \le \frac{\Delta_\eta}{\Delta_\xi} \le 2\frac{k_{\xi_{max}}}{k_{\eta_{min}}}. \qquad (8.2.116)$$

Примеры. 1. Пусть в (8.2.107) отсутствуют отклонения от круглости, характеризуемые нечетными гармониками, т.е. $\nu(\varphi) = 0$. Тогда (8.2.110) принимает вид $\eta(\varphi) = 2\xi(\varphi)$. Дифференциальный закон распределения $f_\eta(\eta)$ диаметра $\eta(\varphi)$, являющегося функцией случайной величины $\xi(\varphi)$ (радиуса), можно определить как

$$f_\eta(\eta) = \frac{1}{2}f_\xi\left(\frac{\eta}{2}\right), \qquad (8.2.117)$$

где $f_\xi\left(\frac{\eta}{2}\right)$ - плотность вероятности погрешности радиуса ξ после замены в ней ξ на $\frac{\eta}{2}$.

В данном случае закон распределения погрешности диаметра соответствует плотности вероятности отклонений радиуса с математическим ожиданием $m_\eta = 2m_\xi$ и средним квадратическим отклонением $\sigma_\eta = 2\sigma_\xi$. По формуле (8.2.113) находим, что коэффициент множественной корреляции $R_{\xi/r,u} = 1$. Кроме того, из (8.2.117) следует, что $k_\xi = k_\eta$. Поэтому соотношение (8.2.115) принимает вид $\Delta_\eta/\Delta_\xi = 2$.

2. Предположим, что в (8.2.107) отсутствует группа отклонений от круглостей, выраженных четными гармониками, т.е. $u(\varphi) = 0$. В этом случае (8.2.110) можно записать в виде

$$\eta(\varphi) = 2r. \qquad (8.2.118)$$

Так как погрешность собственно размера r в (8.2.118) подчинена гауссовскому распределению $f_r(r)$, то закон распределения $f_\eta(\eta)$ погрешности диаметра $\eta(\varphi)$ также будет гауссовским распределением:

$$f_\eta(\eta) = \frac{1}{2}f_r\left(\frac{\eta}{2}\right), \qquad (8.2.119)$$

При этом математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение соответственно: $m_\eta = 2m_r$, $\sigma_\eta = 2\sigma_r$. Для данного примера согласно (8.2.113) и (8.2.119) $R_{\xi/r,u} = \rho_{\xi r}$ и формула (8.2.115) дает

$$\Delta_\eta / \Delta_\xi = 2\rho_{\xi r}. \qquad (8.2.120)$$

В предельном случае, когда $\sigma_r \to 0$ и $\rho_{\xi r} = 0$ (отсутствует рассеяние погрешности собственно размера), выражение (8.2.120) принимает вид $\Delta_\eta = 0$.

Таким образом, если в текущем радиусе присутствует отклонение от круглости, определяемое только нечетными гармониками, и погрешность собственно размера равна нулю, то отклонения формы в диаметральной мере не обнаруживаются: при двухточечном измерении огранки с нечетным числом граней в любом направлении получается один и тот же диаметр детали, не обладающей при этом правильной круглой формой.

3. Пусть в (8.2.107) отсутствуют и четные, и нечетные гармоники, т.е. $u(\varphi) = \nu(\varphi) = 0$. При этих условиях отсутствует рассеяние погрешности формы поперечного сечения и текущий диаметр $\eta(\varphi) = 2\xi(\varphi) = 2r$. В данном случае $R_{\xi/r,\,u} = \rho_{\xi r} = 1$, $k_\xi = k_\eta = 1$, и вычисления по формуле (8.2.115) приводят к следующему результату: $\Delta_\eta / \Delta_\xi = 2$.

Используя (8.2.111), (8.2.112) и (8.2.115), можно получить соотношения между диаметральным и радиусным полями рассеяния погрешностей размеров с учетом отклонений формы для рассмотренных выше законов распределений текущих радиусов. В частности, для конкретных значений σ_ξ^2, вычисленных для распределения суммарной погрешности с постоянными амплитудами отклонений от круглости в виде (8.2.90), а также для плотности вероятности погрешности со случайными параметрами отклонений размеров и формы в виде (8.2.106), основная формула (8.2.115) принимает следующий вид:

$$\frac{\Delta_\eta}{\Delta_\xi} = 2\sqrt{\frac{\sigma_r^2 + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{s} x_{2k}^2}{\sigma_r^2 + \frac{1}{2}\sum_{k=2}^{p} x_k^2}}\frac{k_\xi}{k_\eta}; \qquad (8.2.121)$$

$$\frac{\Delta_\eta}{\Delta_\xi} = 2\sqrt{\frac{\sigma_r^2 + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{s}\left(m_{x_{2k}}^2 + \sigma_{x_{2k}}^2\right)}{\sigma_r^2 + \frac{1}{2}\sum_{k=2}^{p}\left(m_{x_k}^2 + \sigma_{x_k}^2\right)}}. \qquad (8.2.122)$$

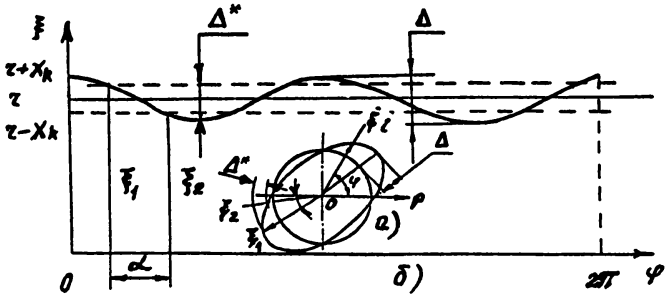


Рис. 8.2.7. К определению методической ошибки при дискретном контроле отклонения от круглости деталей в полярной (*а*) и прямоугольной (*б*) системах координат

В (8.2.122) отсутствует отношение коэффициентов k_ξ / k_η, так как погрешности радиуса и диаметра распределены по закону Гаусса и, следовательно, $k_\xi = k_\eta = 1$.

Таким образом, для установления соотношения между предельными отклонениями формы в диаметральной и радиусной мерах достаточно знать коэффициент множественной корреляции $R_{\xi/r,\ u}$ и коэффициенты относительного рассеяния k_ξ и k_η законов распределения погрешностей радиуса и диаметра. Эти величины могут быть определены аналитически или опытным путем для конкретных условий обработки. Отметим, что для получения предельных отклонений формы, оцениваемых в диаметральной мере, необходимо указанные в ГОСТ 24642-81 величины отклонений от круглостей умножить на соотношение $2R_{\xi/r}$, $u\dfrac{k_\xi}{k_\eta}$, а результат округлить до ближайшего предпочтительного числа, приведенного в таблице указанного стандарта.

8.2.7. ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Вопрос о необходимом и достаточном числе контрольных точек имеет важное практическое значение при определении погрешности формы цилиндрических деталей в поперечном сечении. Малое число точек может оказаться недостаточным для правильной оценки точности формы деталей текстильных машин. Большое число точек или введение непрерывной записи отклонений от круглости может оказаться излишним. Необходимо определить оптимальное число контрольных точек, обеспечивающих заданную точность и надежность контроля погрешности формы в поперечном сечении деталей машин.

Как известно, профиль поперечного сечения детали, имеющий погрешность формы элементарного вида, определяется формулой (8.2.77). Для простоты рассуждений, не приводящей, однако, к потере общности, можно положить $\psi_k = 0$ и рассматривать выражение

$$\xi_k(\varphi) = r + x_k \cos k\varphi. \qquad (8.2.123)$$

При определении точности формы по данным результатов дискретных измерений необходимо знать относительную методическую погрешность контроля

$$\delta = 1 - \frac{\Delta^*}{\Delta}, \qquad (8.2.124)$$

где Δ - теоретическое или истинное значение погрешности формы в поперечном сечении детали (рис. 8.2.7); Δ^* - отклонение от круглости, по измерениям детали в нескольких точках.

Теоретическая погрешность формы на основании (8.2.123) определится выражением

$$\Delta = \xi_{max} - \xi_{min} = 2x_k. \qquad (8.2.125)$$

Эллиптическую погрешность формы выбирают по наибольшему абсолютному значению разностей всех произведенных измерений ξ_i:

$$\Delta^* = \max \Delta_{ij} \text{ при } \varphi = \text{const}, \qquad (8.2.126)$$

где

$$\Delta_{ij} = |\xi_i - \xi_j| \ (i \neq j). \qquad (8.2.127)$$

Не приводя подробных вычислений, укажем, что оптимальным является равномерное распределение измерений по углу поворота на интервале $[0, 2\pi/k]$, т.е. углы между последовательными измерениями радиуса детали должны быть равными:

$$\alpha = \frac{2\pi}{nk}, \qquad (8.2.128)$$

где n - число измерений радиуса детали.

Для определения зависимости относительной методической погрешности контроля отклонения от круглости от числа измерений сначала исследуем простейший случай, когда

погрешность формы в поперечном сечении выражена овальностью ($k = 2$). Пусть число измерений $n = 2$ и угол γ между измерениями на основании (8.2.128) $\alpha = \pi / 2$. Тогда зависимости измерений радиуса можно представить в виде

$$\xi_1 = r + x_2\cos 2\varphi; \qquad (8.2.129)$$

$$\xi_2 = r + x_2\cos 2\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right).$$

Погрешность формы Δ^* зависит от случайного положения направления измерения по отношению к наибольшему (или наименьшему) диаметру поперечного сечения и согласно (8.2.127) для всех измерений определяется по формуле

$$\Delta_{12} = \Delta^* = |\xi_1 - \xi_2| = |(r + x_2\cos 2\varphi) - (r + x_2\cos 2\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right)\varphi)|. \qquad (8.2.130)$$

Подставляя (8.2.125) и (8.2.130) в (8.2.124), получим выражение для относительной погрешности при $k = 2$ и $n = 2$:

$$\delta = 1 - |\cos 2\varphi|. \qquad (8.2.131)$$

Эта функция является периодической с периодом $T = \pi / 2$ и принимает наименьшее значение, равное нулю, в точках $\varphi = 0$ и $\varphi = \pi / 2$, а наибольшее значение, равное единице, - в точке $\varphi = \pi / 4$.

Рассмотрим общий случай, когда погрешность формы поперечного сечения выражается функцией (8.2.123) для произвольного k ($k = 2, 3, \ldots, p$). Для простоты рассуждений положим, что n любое четное число ($n = 2l$, где $l = 1, 2, \ldots, N$). Тогда ввиду равномерного распределения контрольных точек на интервале $0 \le \varphi \le 2\pi/k$ значения радиуса в функции угла поворота, определяются формулами:

$$\xi_i(\varphi) = r + x_k\cos\left[k\varphi + \frac{\pi(i-1)}{l}\right] \quad (i = 1, 2, \ldots, 2l). \qquad (8.2.132)$$

На основании (8.2.127) с учетом (8.2.132) получим выражение для разностей

$$\Delta_{ij} = |\xi_i - \xi_j| = 2x_k\left|\sin\frac{\pi(i-j)}{n}\right|\left|\sin\left(k\varphi + \frac{\pi(i+j-2)}{n}\right)\right|. \qquad (8.2.133)$$

Из общего числа разностей (8.2.133), которых всего $C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$, найдем функции $\Delta_{ij}(\varphi)$, принимающие при данном φ наибольшее значение. Из (8.2.133) следует, что наибольшее значение при $\varphi = \text{const}$ могут принимать только те функции, амплитуда которых $2x_k\left|\sin\frac{\pi(i-j)}{n}\right|$ максимальная. Учитывая, что $|i - j| < n$, можно записать

$$\left|\sin\frac{\pi(i-j)}{n}\right| = \sin\frac{\pi|i-j|}{n}.$$

Это выражение достигает максимального значения, равного единице, при $\frac{\pi|i-j|}{n} = \frac{\pi}{2}$.

Отсюда $|i - j| = \frac{n}{2} = l$.

Следовательно, среди функций (8.2.133) имеется l, амплитуда которых $2x_k$. Эти функции соответствуют номерам $i = 1, 2, \ldots l$ и $j = i + l$:

$$\Delta^* = \Delta_{ij} = 2x_k\left|\sin\left(k\varphi + \frac{\pi(i-1)}{l} + \frac{\pi}{2}\right)\right| = 2x_k\left|\cos\left(k\varphi + \frac{\pi(i-1)}{l}\right)\right| \qquad (8.2.134)$$

или

$$\Delta_{1,\,l+1} = 2x_k|\cos k\varphi|;$$

$$\Delta_{2,\,l+2} = 2x_k\cos\left(k\varphi + \frac{\pi}{2}\right); \qquad (8.2.135)$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\Delta_{e,\,2l} = 2x_k\cos\left(k\varphi + \frac{\pi(l-1)}{l}\right).$$

Графики функций (8.2.135) показаны на рис. 8.2.8, из которых следует, что

$$\max\Delta_{ij} = \Delta^* = \begin{cases} 2x_k\cos k\varphi & \text{при } 0 \le \varphi \le \dfrac{\pi}{2lk}, \\ 2x_k\cos k\left(\varphi - \dfrac{\pi}{2l}\right) & \text{при } \dfrac{\pi}{2lk} \le \varphi \le \dfrac{\pi}{kl}. \end{cases} \qquad (8.2.136)$$

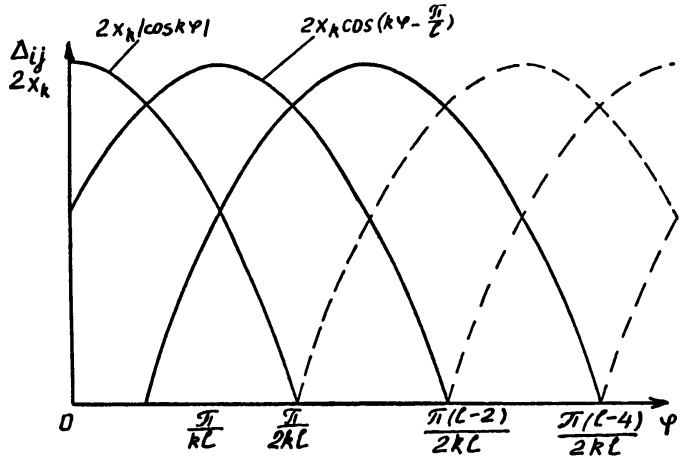


Рис. 8.2.8. Графики функций Δ_{ij}, принимающих наибольшие значения на соответствующих интервалах угла φ для огранки с k-вершинным профилем при произвольном числе измерений n

Подставляя (8.2.125) и (8.2.136) в (8.2.124), получим выражение для относительной погрешности контроля отклонений от круглости при любом четном числе измерений:

$$\delta = \begin{cases} 1-\cos k\varphi & \text{при } 0 \le \varphi \le \dfrac{\pi}{2kl}, \\ 1-\cos k\left(\varphi-\dfrac{\pi}{kl}\right) & \text{при } \dfrac{\pi}{2kl} \le \varphi \dfrac{\pi}{kl}. \end{cases} \qquad (8.2.137)$$

Исследование относительной погрешности показывает, что она повторяется с периодом $T = \dfrac{\pi}{kl}$ и принимает наименьшее значение, равное нулю в точках $\varphi = 0$ и $\varphi = \dfrac{\pi}{2l}$. Функция $\delta = f(\varphi)$ достигает максимума при $\varphi = \dfrac{\pi}{2kl}$ (рис. 8.2.9):

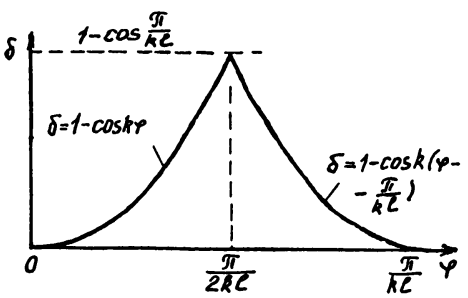


Рис. 8.2.9. Зависимость погрешности δ контроля огранки с k-вершинным профилем от угла поворота φ при произвольном числе измерений n

$$\delta_{max} = \delta\left(\frac{\pi}{2kl}\right) = 1-\cos\frac{\pi}{2l}. \qquad (8.2.138)$$

Из (8.2.138) следует, что максимальное значение относительной погрешности зависит только от числа измерений и не связано с видом погрешности формы. При контроле овальности, огранки с трех-, четырех- и многовершинным профилем точность контроля зависит от числа измерений и погрешности измерительного прибора.

Рассмотрим теперь закон распределения относительной погрешности δ дискретного контроля некруглости, принимающей с некоторой вероятностью определенное значение на интервале $(0, \delta_{max})$. Так как угол поворота детали φ в выражении (8.2.137) может рассматриваться как непрерывная случайная величина, равномерно распределенная на интервале $\left(0, \dfrac{\pi}{kl}\right)$, то, используя известную формулу теории вероятностей для определения закона распределения немонотонно изменяющейся функции, получим выражение для плотности вероятности относительной погрешности:

$$g(\delta) = \begin{cases} \dfrac{2l}{\pi\sqrt{1-(1-\delta)^2}} & \text{при } 0 < \delta \le 1-\cos\dfrac{\pi}{2l}; \\ 0 & \text{при } \delta \le 0,\ \delta > 1-\cos\dfrac{\pi}{2l}. \end{cases} \qquad (8.2.139)$$

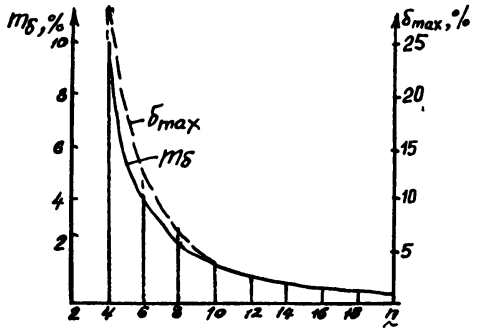


Рис. 8.2.10. Зависимости максимального δ_{max} и среднего m_δ значений погрешности контроля огранки от числа измерений n

Математическое ожидание m_δ и дисперсия σ_δ^2 относительной погрешности δ, подчиняющейся закону распределения (8.2.139), равны соответственно

$$m_\delta = 1 - \frac{2l}{\pi}\sin\frac{\pi}{2l};$$

$$\sigma_\delta^2 = \frac{1}{2} + \frac{l}{2\pi}\sin\frac{l}{\pi} - \frac{4l^2}{\pi^2}\sin^2\frac{\pi}{2l}. \qquad (8.2.140)$$

Результаты расчетов по формулам (8.2.138) и (8.2.140) можно использовать для выбора минимального числа измерений n, гарантирующих заданные точностные характеристики контроля погрешности формы (рис. 8.2.10): наибольшее значение δ_{max} и математическое ожидание m_δ.

На основании (8.2.139) получим выражение для интегрального закона распределения $G(\delta)$ относительной погрешности δ (рис. 8.2.11):

$$G(\delta) = \begin{cases} 0 & \text{при } \delta \le 0; \\ \frac{2l}{\pi}\arccos(1-\delta) & \text{при } 0 < \delta \le 1 - \cos\frac{\pi}{2l}; \\ 1 & \text{при } \delta \ge 1 - \cos\frac{\pi}{2l}. \end{cases} \qquad (8.2.141)$$

Вероятность того, что относительная погрешность не превосходит некоторой наперед заданной величины $\delta_{доп}$,

$$p = p(0 < \delta < \delta_{доп}) = \int_0^{\delta_{доп}} g(\delta)d\delta. \qquad (8.2.142)$$

Используя (8.2.141), запишем (8.2.142) в виде

$$p = \begin{cases} \frac{2l}{\pi}\arccos(1-\delta_{доп}) & \text{при } 0 < \delta_{доп} < 1 - \cos\frac{\pi}{2l}; \\ 1 & \text{при } \delta_{доп} > 1 - \cos\frac{\pi}{2l}. \end{cases} \qquad (8.2.143)$$

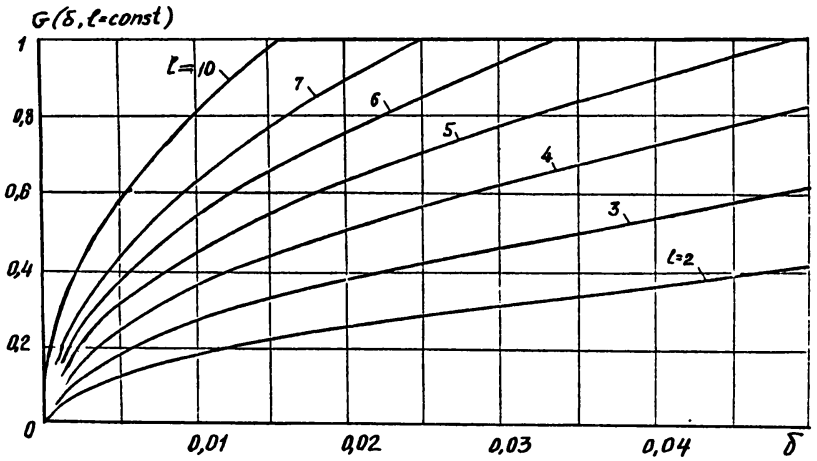


Рис. 8.2.11. Кривые функции распределения $G(\delta, l)$ погрешности δ контроля огранки при различных значениях параметра l

Если $\delta_{доп}$ меньше максимального значения относительной погрешности, то из (8.2.143) следует

$$\delta_{доп} = 1 - \cos p\frac{\pi}{2l}. \qquad (8.2.144)$$

Эта формула дает возможность определить необходимое число дискретных измерений при контроле отклонений от круглости по заданным допустимым значениям относительной погрешности $\delta_{доп}$ и принятом уровне вероятности (надежности) p.

8.2.8. ПОЛЕ РАССЕЯНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ И ОТНОСИТЕЛЬНОГО РАССЕЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ

Пусть известен закон распределения $f(x)$ размеров x деталей в пределах одной партии. Найдем нижнюю $m_x - \Delta_1$ и верхнюю $m_x + \Delta_2$ границы поля рассеяния размеров. Полем рассеяния размеров x называется такой интервал $m_x - \Delta_1 \le x \le m_x + \Delta_2$ значений величины x, что вероятность появления детали с размером x, меньшим, чем $m_x - \Delta_1$, или большим, чем $m_x - \Delta_2$, практически пренебрежимо мала, т.е.

$$p(x < m_x - \Delta_1) = p(x > m_x + \Delta_2) = q / 2. \qquad (8.2.145)$$

где Δ_1 и Δ_2 - расстояние соответственно от нижней и верхней границ поля рассеяния до среднего значения m_x; q - величина выхода размеров за границы поля рассеяния (обычно принимается $q = 0{,}0027$).

Выражая (8.2.145) через дифференциальный $f(x)$ или интегральный $F(x)$ законы распределения, получим

$$\int_{-\infty}^{m_x-\Delta_1} f(x)dx = \int_{m_x+\Delta_2}^{\infty} f(x)dx = q / 2$$

или

$$F = (m_x - \Delta_1) = 1 - F(m_x + \Delta_2) = q / 2. \qquad (8.2.146)$$

Половина поля рассеяния

$$\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2) / 2. \qquad (8.2.147)$$

Очевидно, что для симметричных распределений имеет место равенство $\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta$.

Для поля рассеяния распределения случайной величины x, область возможных значений которой не ограничена ни слева, ни справа, нижняя и верхняя границы могут быть найдены, если известен интегральный закон распределения $F(z)$ нормированной случайной величины $z = (x - m_x)/\sigma_x$, для которой $m_z = 0$ и $\sigma_z = 1$. С учетом нормированного закона распределения $F(z)$ уравнение (8.2.146) принимает вид

$$F(z_1) = q / 2;\ F(z_2) = 1 - q / 2, \qquad (8.2.148)$$

где

$$z_1 = -\Delta_1 / \sigma_x;\ z_2 = \Delta_2 / \sigma_x - \qquad (8.2.149)$$

соответственно нижняя и верхняя квантиль, отвечающая уровням вероятности $q/2$ и $1 - q/2$.

Для заданного уровня вероятности $q = 0{,}0027$ значения квантилей z_1 и z_2 определяются из уравнений (8.2.148). Если значения z_1 и z_2 квантилей известны, то из (8.2.149) величины Δ_1 и Δ_2 могут быть выражены в долях среднего квадратического отклонения σ_x:

$$\Delta_1 = -z_1\sigma_x,\ \Delta_2 = z_2\sigma_x. \qquad (8.2.150)$$

На основании (8.2.147) с учетом (8.2.150) поле рассеяния 2Δ погрешности размеров, выраженное в долях σ_x, определяется по формуле

$$2\Delta = (z_2 - z_1)\,\sigma_x. \qquad (8.2.151)$$

Для сопоставления величины рассеяния данного закона распределения с рассеянием при нормальном распределении применяется коэффициент относительного рассеяния

$$k = \frac{3\sigma_x}{\Delta} = \frac{6\sigma_x}{\Delta_1 + \Delta_2}. \qquad (8.2.152)$$

В качестве характеристики несимметричности распределения отклонений случайной величины относительно середины Δ_0 поля рассеяния размеров применяется коэффициент относительной асимметрии

$$\alpha = (m_x - \Delta_0) / \Delta. \qquad (8.2.153)$$

Так как $\Delta_0 = m_x + (\Delta_2 - \Delta_1) / 2$, формула (8.2.153) примет вид

$$\alpha = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2\Delta} = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\Delta_1 + \Delta_2}. \qquad (8.2.154)$$

Подставляя (8.2.150) и (8.2.151) в (8.2.152) и (8.2.154), получим окончательные выражения для коэффициентов относительного рассеяния и относительной асимметрии:

$$k = \frac{6}{z_2 - z_1};\ \alpha = \frac{z_1 + z_2}{z_1 - z_2}. \qquad (8.2.155)$$

Рассмотрим случай, когда область возможных значений случайной величины x, подчиняющейся закону распределения $f(x)$, ограничена, с одной стороны (например, слева): $a = x_{min} \le x \le \infty$. За нижнюю границу поля рассеяния принимается величина

$$m_x - \Delta_1 = a, \qquad (8.2.156)$$

а верхняя граница находится из уравнения

$$F(z_2) = 1 - q,$$

где

$$z_2 = \Delta_2 / \sigma_x. \qquad (8.2.157)$$

При помощи таблиц нормированной функции распределения $F(z)$ определяется значение z_2 для заданного уровня вероятности $q = 0{,}0027$.

Из (8.2.156) и (8.2.157) находим величины Δ_1 и Δ_2:

$$\Delta_1 = m_x - a; \ \Delta_2 = z_2\sigma_x. \qquad (8.2.158)$$

Используя (8.2.151) , (8.2.152), (8.2.154) и принимая во внимание (8.2.158), получим выражения для поля рассеяния, коэффициентов относительного рассеяния и относительной асимметрии

$$2\Delta = m_x + z_2\sigma_x - a;$$

$$k = \frac{6\sigma_x}{m_x + z_2\sigma_x - a}; \qquad (8.2.159)$$

$$\alpha = \frac{m_x - z_2\sigma_x - a}{m_x + z_2\sigma_x - a}.$$

Рассмотрим наконец определение величин 2Δ, k и α для закона распределения случайной величины x, область возможных значений которой ограничена слева и справа ($a = x_{min} \le x \le x_{max} = b$). В этом случае границы поля рассеяния принимаются равными величинам a и b, т.е.

$$m_x - \Delta_1 = a; \ m_x + \Delta_2 = b. \qquad (8.2.160)$$

При этих условиях вместо поля рассеяния пользуются широтой распределения $L = 2l$:

$$2\Delta = L = 2l = b - a.$$

Применяя (8.2.152) и (8.2.154) и учитывая (8.2.160), получаем выражения для коэффициентов относительного рассеяния k и относительной асимметрии α:

$$k = \frac{6\sigma_x}{b-a} = \frac{3\sigma_x}{l};$$

$$\alpha = \frac{2m_x - a - b}{b-a} = \frac{m_x - a - l}{l}. \qquad (8.2.161)$$

8.2.9. РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОГО БРАКА ДЕТАЛЕЙ ПРИ ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ И НАСТРОЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Точность геометрических параметров детали обычно задается конструктором и количественно определяется полем допуска согласно чертежам и техническим условиям. Полем допуска называется интервал значений размера x от $x_0 - \delta$ до $x_0 + \delta$, где x_0 - координата середины поля допуска; δ - половина поля допуска. Технологическая точность количественно определяется законом распределения суммарной погрешности обработки.

Пусть задано поле допуска и известен закон распределения $f(x)$ погрешности размера x. Тогда доля вероятного брака

$$q = q_1 + q_2 = \int_{-\infty}^{x_0-\delta} f(x)dx + \int_{x_0+\delta}^{\infty} f(x)dx =$$

$$= 1 + F(x_0 - \delta) - F(x_0 + \delta). \qquad (8.2.162)$$

Выражая q через интегральный закон распределения $F_z(z)$ нормированной случайной величины $z = (x - m_x) / \sigma_x$, получим

$$q = 1 + F_z\left(\frac{x_0 - m_x - \delta}{\sigma_x}\right) - F_z\left(\frac{x_0 - m_x + \delta}{\sigma_x}\right). \qquad (8.2.163)$$

Точность и настроенность технологического процесса считаются идеальными, если поле рассеяния размеров совпадает с заданным полем допуска, т.е.

$$m_x - \Delta_1 = x_0 - \delta, \quad m_x + \Delta_2 = x_0 + \delta, \qquad (8.2.164)$$

Отсюда требования к точности процесса и его настройки:

$$\Delta = 3\sigma_x / k = \delta, \quad m_x = x_0 + \alpha\delta. \qquad (8.2.165)$$

В этом случае доля брака не превышает 0,27 %. Если поле рассеяния располагается в пределах поля допуска, то это означает, что точность процесса завышена и является экономически невыгодной. Если хотя бы одна из границ поля рассеяния выходит за пределы поля допуска, то это приводит к увеличению доли вероятного брака выше допустимого значения 0,27 %.

Рассмотрим показатели, характеризующие несоответствие между полем допуска и полем рассеяния размеров детали. Для сопоставления поля рассеяния с полем допуска применяется коэффициент точности

$$\eta = \frac{\Delta}{\delta} = \frac{3\sigma_x}{k\delta}. \qquad (8.2.166)$$

Для определения смещения уровня настройки технологического процесса используется коэффициент настройки

$$E = (m_x - x_0) / \delta. \qquad (8.2.167)$$

В случае идеальной точности и настроенности процесса по формулам (8.2.166) и (8.2.167) с учетом (8.2.165) получаем следующие значения для коэффициентов η и E: $\eta = 1$, $E = \alpha$. Для определения зависимости вероятного брака q от коэффициентов точности η и настроенности E перейдем в уравнении (8.2.163) от вероятностных характеристик m_x и σ_x к коэффициентам η и E. В результате получим

$$q = 1 + F_z\left[-\frac{3(1+E)}{k\eta}\right] - F_z\left[\frac{3(1-E)}{k\eta}\right]. \qquad (8.2.168)$$

Вероятность того, что изделие окажется годным,

$$p = 1 - q = F_z\left[\frac{3(1-E)}{k\eta}\right] - F_z\left[-\frac{3(1+E)}{k\eta}\right].$$

Для симметричных распределений ввиду $F(-z) = 1 - F(z)$ вместо (8.2.168) можно написать

$$q = 2 - F_z\left[\frac{3(1+E)}{k\eta}\right] - F_z\left[\frac{3(1-E)}{k\eta}\right]. \qquad (8.2.169)$$

Для закона Гаусса (8.2.169) принимает вид

$$q = 1 - \Phi\left[\frac{3(1+E)}{\eta}\right] - \Phi\left[\frac{3(1-E)}{\eta}\right].$$

Рассмотрим случай, когда область изменения случайной величины x ограничена слева и справа ($a \le x \le b$) и функция распределения задается формулой

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < a; \\ \int_a^b f(x)dx & \text{при } a \le x \le b; \\ 1 & \text{при } x > b = a + 2l. \end{cases} \qquad (8.2.170)$$

Найдем долю брака или дефектных изделий, вышедших за границу поля допуска. В связи с тем, что плотность вероятности в (8.2.170) отлична от нуля только в конечном интервале, вычисления придется проводить для пяти различных случаев, отличающихся взаимным расположением полей допуска и рассеяния.

1. Поле рассеяния размеров находится в границах поля допуска (рис. 8.2.12, *а*):

$$x_0 - \delta \le a; \quad x_0 + \delta \ge a + 2l.$$

Выражая эти неравенства через коэффициенты точности η и настроенности E процесса, после преобразований получим

$$\eta(1 + \alpha) \le 1 + E; \quad \eta(1 - \alpha) \le 1 - E. \qquad (8.2.171)$$

В этом случае брак отсутствует, $q_1 = q_2 = 0$. Практически выбрано излишне точное оборудование и можно, по-видимому, перейти на другие, несколько менее точные, но более производительные или более экономичные технологические процессы.

2. Поле рассеяния размеров выходит за левую границу поля допуска, при этом $q_1 \ne 0$, $q_2 = 0$ (рис. 8.2.12, *в*):

$$a \le x_0 - \delta \le a + 2l; \quad x_0 + \delta \ge a + 2l$$

или, переходя к коэффициентам η и E,

$$\eta(1 + \alpha) \ge 1 + E;$$
$$\eta(1 - \alpha) \ge -1 - E; \qquad (8.2.172)$$
$$\eta(1 - \alpha) \le 1 - E.$$

В этом случае доля брака деталей в партии определяется по формуле

$$q_1 = F_z\left[-\frac{3(1+E)}{k\eta}\right]. \qquad (8.2.173)$$

3. В отличие от предыдущего случая поле рассеяния размеров выходит за правую границу поля допуска, при этом $q_1 = 0$, $q_2 \ne 0$ (рис. 8.2.12, *б*):

$$x_0 - \delta \le a; \quad a \le x_0 + \delta \le a + 2l$$

или

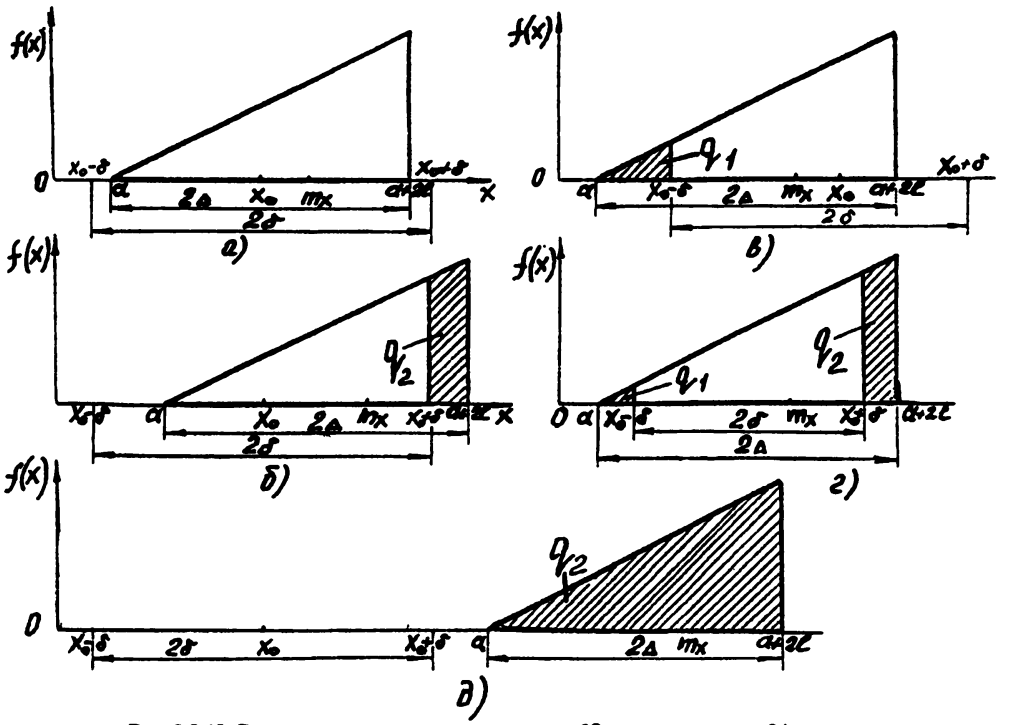


Рис. 8.2.12. Взаимное расположение поля допуска 2δ и поля рассеяния 2Δ размеров:
а - поле рассеяния находится в границах поля допуска; *б* - поле рассеяния размеров выходит за правую границу $x_0 + \delta$ поля допуска; *в* - поле рассеяния выходит за левую границу $x_0 - \delta$ поля допуска; *г* - поле рассеяния выходит за обе границы поля допуска; *д* - поле рассеяния лежит вне поля допуска

$$\eta(1 + \alpha) \le 1 + E;$$
$$\eta(1 + \alpha) \ge -1 + E; \qquad (8.2.174)$$
$$\eta(1 - \alpha) \ge 1 - E.$$

При этих условиях формула вероятного брака имеет вид

$$q_2 = 1 - F_z\left[-\frac{3(1-E)}{k\eta}\right]. \qquad (8.2.175)$$

4. Поле рассеяния размеров выходит за обе границы поля допуска, при этом $q_1 \ne 0$, $q_2 \ne 0$ и одна часть деталей идет в брак исправимый, другая - в неисправимый (рис. 8.2.12, *г*). Этот случай имеет место при выполнении неравенств

$$a \le x_0 - \delta \le x_0 + \delta \le a + 2l,$$

которые преобразуются к виду

$$\eta(1 + \alpha) \ge 1 + E;$$
$$\eta(1 - \alpha) \ge 1 - E; \qquad (8.2.176)$$

В этом случае доля вероятного брака

$$q = 1 + F_z\left[-\frac{3(1+E)}{k\eta}\right] - F_z\left[\frac{3(1-E)}{k\eta}\right]. \qquad (8.2.177)$$

Применительно к производственным условиям данный случай имеет место при низкой точности процесса. Это свидетельствует о том, что заданный допуск жестче, чем возможности оборудования и технологического процесса.

5. Поле рассеяния размеров лежит вне поля допуска, т.е. $x_0 - \delta \ge a + 2l$ или $x_0 + \delta \le a$ (рис. 8.2.12, *д*). При этих условиях вероятность нахождения размеров в границах поля допуска равна нулю и, следовательно, все изделия будут составлять брак ($q = 1$) при выполнении неравенств

$$\eta(1 - \alpha) \le -1 - E \text{ или } \eta(1 + \alpha) \le -1 + E. \qquad (8.2.178)$$

Полученные результаты (8.2.168), (8.2.171) - (8.2.178) позволяют определить долю вероятного брака q по известному закону распределения и заданным коэффициентам точности η и настроенности E технологического процесса.

8.2.10. ОЦЕНКА СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ И СЛУЧАЙНОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОБРАБОТКИ

Основой для выбора того или иного принципа управления технологическими процессами является анализ результатов исследования точности обработки. Можно отметить две задачи анализа точности обработки. Первая задача связана с установлением границ поля рассеяния размерных и других параметров, определением коэффициентов точности и настроенности технологического процесса, нахождением доли деталей из числа обработанных, вышедших за границы поля допуска и т.д. Вторая задача возникает в тех случаях, когда результаты анализа желательно использовать для оценки точностных особенностей процесса обработки, с тем чтобы им управлять. В этом случае проводят анализ технологического процесса с целью разделения суммарной погрешности обработки на систематическую и случайные составляющие.

В зависимости от составляющих погрешностей размеров выбирают тот или иной метод управления. Управление систематической составляющей связано с использованием принципа обратной связи с запаздыванием и осуществляется методом автоматической подналадки. При автоподналадке измеряется деталь, обработанная в предыдущем (или предыдущих) цикле, а управление осуществляется в текущем цикле обработки. При этом вместо размера может измеряться величина, косвенно с ним связанная, например положение режущей кромки инструмента. Методы управления случайной составляющей используют принципы компенсации и обратной связи без запаздывания (точнее с несущественным запаздыванием). Управление случайной составляющей основано на использовании корреляционных связей между параметрами процесса обработки (например, припуском и твердостью заготовки, величиной силы резания или упругих отжатий технологической системы) и отклонениями размеров деталей.

Для разделения суммарной погрешности обработки воспользуемся дисперсионным методом, для которого разработаны критерии оценки систематической и случайной составляющих погрешности обработки.

Рассмотрим технологический процесс изготовления партии деталей на настроенных станках токарного типа (автоматах, полуавтоматах). Для этих условий суммарный закон распределения $f(x)$ погрешности размеров x партии деталей для заданного промежутка времени (от $t=0$ до $t=T$) определяется формулой

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}T}\int_0^T\frac{1}{\sigma_x(t)}\exp\left\{-\frac{\left[x-m_x(t)\right]^2}{2\sigma_x^2(t)}\right\}dt,$$

где $m_x(t)$ - функция математического ожидания, характеризующая изменения во времени систематических факторов (износ инструмента, тепловые и упругие деформации технологической системы и т.п.); $\sigma_x(t)$ - функция среднего квадратического отклонения, характеризующая изменение мгновенного поля рассеяния размеров, обусловленная целым рядом факторов: затуплением режущего инструмента, нестабильностью режима обработки, колебаниями припуска и твердости материала заготовки и т.п.

Начальные моменты первого и второго порядков суммарной погрешности, подчиняющейся этому закону распределения, определяются по формулам

$$\alpha_1=\frac{1}{T}\int_0^T m_x(t)dt;$$

$$\alpha_2=\frac{1}{T}\int_0^T\left[m_x^2(t)+\sigma_x^2(t)\right]dt. \qquad (8.2.179)$$

Используя (8.2.179), получим выражение для дисперсии суммарной погрешности

$$\sigma^2\{x\}=\alpha_2-\alpha_1^2=\frac{1}{T}\int_0^T m_x^2(t)dt+$$

$$+\frac{1}{T}\int_0^T\sigma_x^2(t)dt-\left[\frac{1}{T}\int_0^T m_x(t)dt\right]^2. \qquad (8.2.180)$$

Рассмотрим некоторую функцию $f(t)$ случайного аргумента t. Пусть величина t распределена равномерно в интервале от 0 до T. Тогда среднее значение функции $f(t)$ и ее дисперсия определяются формулами

$$M\{f(t)\}=\frac{1}{T}\int_0^T f(t)dt; \qquad (8.2.181)$$

$$\sigma^2\{f(t)\}=\frac{1}{T}\int_0^T\left[f(t)-M\{f(t)\}\right]^2dt=$$

$$=M\{f^2(t)\}-M^2\{f(t)\}. \qquad (8.2.182)$$

Используя (8.2.181) и (8.2.182), запишем (8.2.179) и (8.2.180) в виде

$$M\{x\} = M\{m_x(t)\};$$

$$\sigma^2\{x\} = M\{m_x^2(t)\} + M\{\sigma_x^2(t)\} - M^2\{m_x(t)\}.$$

Преобразуем правую часть последнего равенства

$$\sigma^2\{x\} = M\{m_x^2(t)\} - M^2\{m_x(t)\} + M\{\sigma_x^2(t)\} - M^2\{\sigma_x(t)\} + M^2\{\sigma_x(t)\}. \quad (8.2.183)$$

Учитывая (8.2.182) и (8.2.183), получим окончательное выражение для дисперсии суммарной погрешности обработки

$$\sigma^2\{x\} = \sigma^2\{m_x(t)\} + \sigma^2\{\sigma_x(t)\} + M^2\{\sigma_x(t)\}, \quad (8.2.184)$$

где

$$\sigma^2\{m_x(t)\} = M\{m_x^2(t)\} - M^2\{m_x(t)\};$$

$$\sigma^2\{\sigma_x(t)\} = M\{\sigma_x^2(t)\} - M^2\{\sigma_x(t)\}.$$

Дисперсия $\sigma^2\{x\}$ определяет суммарную погрешность обработки. Как видно из (8.2.184), общая дисперсия погрешности обработки складывается из трех частей: части $\sigma^2\{m_x(t)\}$, вызванной изменением во времени центра настройки (функции математического ожидания $m_x(t)$), обусловленной влиянием систематических факторов; части $\sigma^2\{\sigma_x(t)\}$, вызванной переменной во времени составляющей мгновенного рассеяния (функции среднего квадратического отклонения $\sigma_x(t)$), обусловленной влиянием случайных факторов, изменяющихся с течением времени; части $M^2\{\sigma_x(t)\}$, вызванной постоянной составляющей мгновенного рассеяния (функцией $\sigma_x(t)$), обусловленной случайными факторами, которые не изменяются во времени.

Поделив обе части равенства (8.2.184) на $\sigma^2\{x\}$, получим

$$\frac{\sigma^2\{m_x(t)\}}{\sigma_x^2} + \frac{\sigma^2\{\sigma_x(t)\}}{\sigma_x^2} + \frac{M^2\{\sigma_x(t)\}}{\sigma_x^2} = 1. \quad (8.2.185)$$

Показатель систематических погрешностей, вызванных изменением во времени функции математического ожидания $m_x(t)$, в общей погрешности обработки определим формулой

$$r_m^2 = \frac{\sigma^2\{m_x(t)\}}{\sigma_x^2}, \quad (8.2.186)$$

Показатель случайных погрешностей, вызванных переменной составляющей функции среднего квадратического отклонения $\sigma_x(t)$ в общей погрешности обработки определим выражением

$$r_\sigma^2 = \frac{\sigma^2\{\sigma_x(t)\}}{\sigma_x^2}. \quad (8.2.187)$$

Введем показатель случайных погрешностей, вызванных постоянной составляющей функции $\sigma_x(t)$, в общей погрешности обработки

$$r^2 = \frac{M^2\{\sigma_x(t)\}}{\sigma_x^2}. \quad (8.2.188)$$

Согласно (8.2.185) коэффициенты (8.2.186) - (8.2.188) удовлетворяют соотношению $r_m^2 + r_\sigma^2 + r^2 = 1$. Левая часть представляет собой сумму трех положительных величин, которая равна единице. Следовательно, каждое слагаемое не может быть больше единицы. Поэтому $0 \le r_m \le 1$, $0 \le r_\sigma < 1$, $0 \le r \le 1$, если условиться считать эти величины положительными.

Из (8.2.186) видно, что если $r_m = 0$, то $\sigma^2\{m_x(t)\} = 0$ и, следовательно, отсутствует смещение центра настройки процесса, обусловленное влиянием систематических факторов. В этом случае линия математического ожидания параллельна оси абсцисс, т.е. $m_x(t) = m_x = \text{const}$ (рис. 8.2.13, *а*, *в*). Равенство $r_m = 0$ является количественным признаком стабильности технологического процесса, обусловленной отсутствием смещения центра группирования. При $r_m = 0$ общая погрешность обработки является суммой двух частей, из которых одна обусловлена влиянием случайных факторов, изменяющихся с течением времени, а другая измеряет влияние всех остальных случайных факторов, постоянных во времени. Если $r_m=1$, $\sigma^2\{\sigma_x(t)\} = M^2\{\sigma_x(t)\} = 0$, то рассеяние около линии математического ожидания равно нулю. Этот случай можно объяснить строгой функциональной зависимостью систематической погрешности размеров x от времени t, когда каждому значению t отвечает одно определенное значение

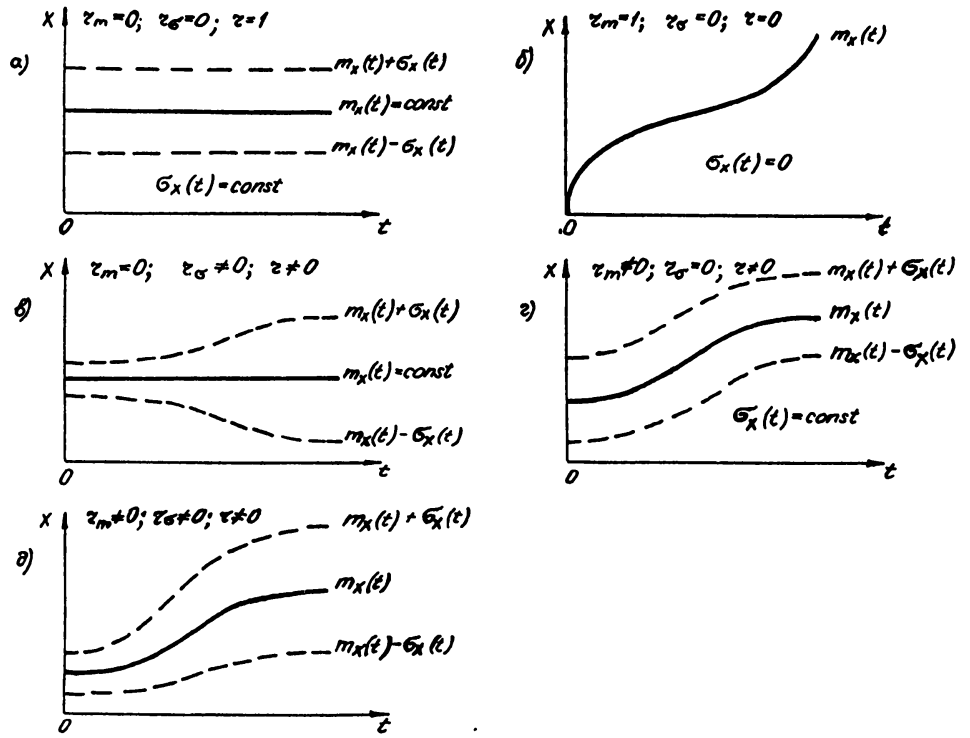


Рис. 8.2.13. Различные виды зависимостей центра настройки и мгновенного рассеяния размеров от времени: *а* - отсутствие смещения настройки и изменения рассеяния; *б* - функциональная зависимость погрешности размеров от времени; *в* - изменение рассеяния по произвольному закону при постоянной настройке; *г* - изменение центра настройки по произвольной зависимости при постоянном рассеянии; *д* - одновременное изменение настройки процесса и рассеяния по произвольным законам

$x = m_x(t)$ (рис. 8.2.13, *б*). Суммарная погрешность обработки целиком определяется влиянием доминирующих факторов, приводящих к изменению во времени функции $x(t)$. В общем случае, когда $0 < r_m < 1$, можно говорить о большей или меньшей относительной значимости систематических погрешностей, вызванных изменением центра настройки в общей погрешности обработки (рис. 8.2.13, *г*, *д*).

Остановимся на некоторых свойствах показателя, определяемого соотношением (8.2.187). Когда $r_\sigma = 0$, то $\sigma^2\{\sigma_x(t)\} = 0$, следовательно, отсутствует переменная составляющая мгновенного рассеяния, обусловленная влиянием случайных факторов, которые изменяются с течением времени (рис. 8.2.13, *а*, *б*, *г*). Условие $r_\sigma = 0$ свидетельствует о стабильности технологического процесса в отношении постоянства во времени функции среднего квадратического отклонения. При $r_\sigma = 0$ общая погрешность обработки складывается из двух частей: части $\sigma^2\{m_x(t)\}$, обусловленной влиянием систематических факторов, приводящих к смещению центра настройки; части $M^2\{\sigma_x(t)\}$, вызванной влиянием совокупности всех остальных случайных факторов, которые не меняются во времени. Случай $0 < r_\sigma < 1$ отвечает произвольному удельному весу случайных погрешностей, вызванных переменной составляющей мгновенного рассеяния, в общей погрешности обработки (рис. 8.2.13, *в*, *д*). Следует отметить, что равенство $r_\sigma = 1$ невозможно, поскольку в этом случае коэффициент $r = 0$, а значит, $\sigma_x(t) = 0$. Но тогда $r_\sigma = 0$, что противоречит принятому условию.

Наконец, рассмотрим свойства показателя r, определяемого формулой (8.2.188). Когда $r = 1$, $\sigma^2\{m_x(t)\} = \sigma^2\{\sigma_x(t)\} = 0$ и, следовательно, одновременно смещение центра настройки и изменение мгновенного рассеяния равны нулю, т.е. линия математического ожидания и среднего квадратического отклонения парал-

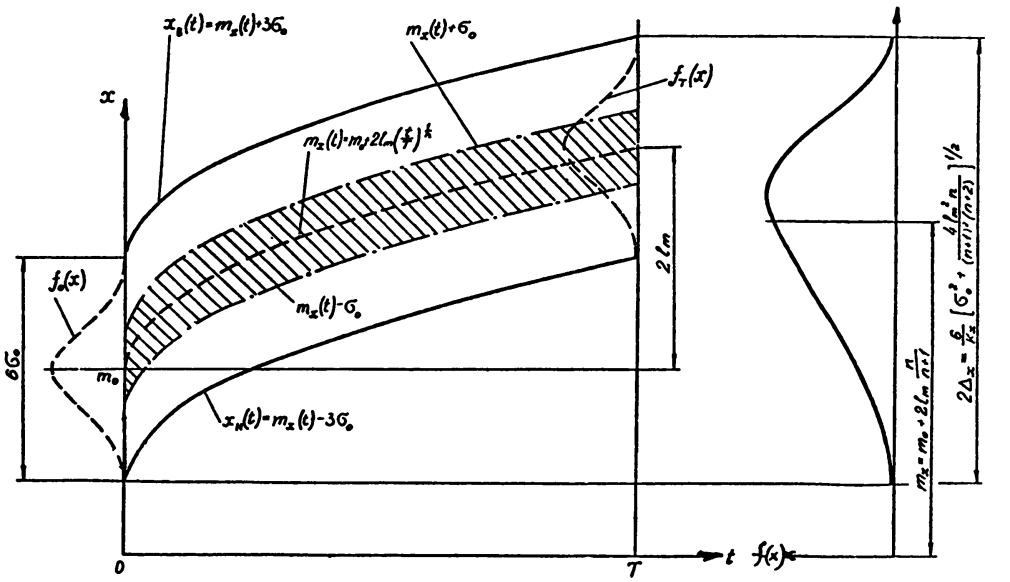


Рис. 8.2.14. График точности обработки деталей при изменении настройки по степенной зависимости и постоянном мгновенном рассеянии размеров

лельны оси абсцисс $m_x(t) = m_x = \text{const}$; $\sigma_x(t) = \sigma_x = \text{const}$ (рис. 8.2.13, *а*). Равенство $r = 1$ является количественным признаком стабильности технологического процесса в отношении как отсутствия изменения функции математического ожидания, так и постоянства во времени среднего квадратического отклонения. Условие $r = 1$ означает, что общая погрешность обработки не зависит от технологических факторов, описываемых функциями $m_x(t)$ и $\sigma_x(t)$, и целиком определяется влиянием совокупности всех действующих случайных факторов, постоянных во времени. При $0 < r < 1$ имеет место произвольное процентное содержание случайных погрешностей, вызванных постоянной составляющей мгновенного рассеяния, в общей погрешности обработки (рис. 8.2.13, *в*, *г*, *д*). Если $r = 0$, то $M^2\{\sigma_x(t)\} = 0$, откуда следует, что $\sigma_x(t) = 0$ и $r_\sigma = 0$. Этот случай оказывается аналогичным рассмотренному выше ($r_m = 1$), из которого следует, что между систематической погрешностью размеров x и временем t существует функциональная зависимость (рис. 8.2.13, *б*).

Рассмотрим пример расчета показателей r_m^2, r_σ^2 и r^2 систематических и случайных погрешностей.

Пусть центр настройки технологического процесса изменяется по степенному закону, а величина мгновенного рассеяния размеров постоянна (рис. 8.2.14):

$$m_x(t) = m_0 + 2l_m\left(\frac{t}{T}\right)^{\frac{1}{n}};\ \sigma_x(t) = \sigma_0 = \text{const}. \tag{8.2.189}$$

Тогда, используя (8.2.181), (8.2.182), (8.2.184) и (8.2.186) - (8.2.188), получим следующие показатели систематической и случайных (переменной и постоянной) составляющих погрешности обработки:

$$\left.\begin{aligned} r_m^2 &= \frac{4n\lambda_m^2}{4n\lambda_m^2 + (n+1)^2(n+2)};\\ r_\sigma^0 &= 0;\\ r^2 &= \frac{(n+1)^2(n+2)}{4n\lambda_m^2 + (n+1)^2(n+2)}. \end{aligned}\right\} \tag{8.2.190}$$

В частном случае, когда отсутствуют технологические факторы, вызывающие смещение центра настройки, т.е. $m_x(t) = m_0 = \text{const}$, $\lambda_m = 0$, вместо (8.2.190) имеем $r_m = 0$, $r_\sigma = 0$, $r = 1$.

Семейство функций $r_m^2(\lambda_m = \text{const}, n)$, определяемых (8.2.190), показано на рис. 8.2.15. Наличие максимума при

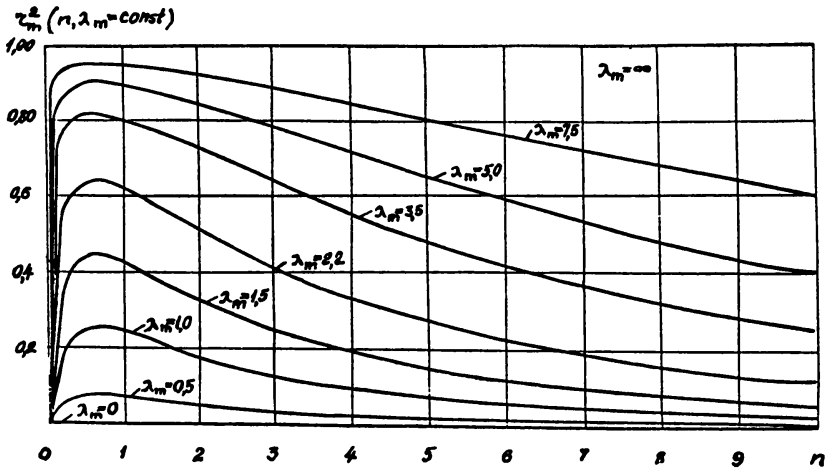


Рис. 8.2.15. Зависимость показателя r_m^2 систематической составляющей погрешности обработки от аргумента n для различных значений параметра λ_m при изменении центра настройки по степенному закону и постоянном мгновенном рассеянии размеров

$n = \left(\sqrt{5}-1\right)/2 \approx 0{,}6$ означает, что при значении $n = \left(\sqrt{5}-1\right)/2$ доля погрешностей, вызванных изменением центра настройки, в общей погрешности обработки будет наибольшей. Например, при $\lambda_m = 1$ максимальное значение $r_{m\max}^2 = r_m^2\left(n = \dfrac{\sqrt{5}-1}{2}\right) = 26{,}5\ \%$.

В то же время при $\lambda_m = 1$ и $n = 5$ показатель $r_m^2(n = 5) = 7{,}4\ \%$. Если положить $\lambda_m = 1$ и $n = 1$, то $r_m^2(n = 1) = 25\ \%$. Таким образом, для приближенных расчетов точности можно рассматривать изменение центра настройки по линейной зависимости. В этом случае доля систематических погрешностей в общей погрешности обработки мало отличается от максимального значения, но при этом выполнение точностных расчетов существенно упрощается.

8.2.11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПОДНАЛАДКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

При обработке партии деталей происходит смещение центра настройки процесса и увеличение значения мгновенного рассеяния. Эти изменения могут привести к выходу размеров деталей за границы поля допуска. С целью восстановления первоначально установленной требуемой точности процесса должна производиться подналадка технологической системы. Для этого необходимо определить момент проведения подналадки, выраженный числом обработанных деталей или временем работы станка. Зная время обработки одной детали Δt, нетрудно найти время, затраченное на изготовление n деталей: $t = n\Delta t$. Не нарушая общности, рассматриваем момент подналадки t.

При отсутствии непрерывного контроля за точностью и стабильностью технологического процесса подналадка должна проводиться для установившегося режима обработки после изготовления определенного числа деталей. Периодичность подналадок, устанавливаемая на стадии технологической подготовки производства, должна корректироваться в процессе серийного или массового изготовления деталей по результатам статистического анализа точности и стабильности технологических операций. Определение времени подналадки по методу предельных отклонений производится в тех случаях, когда заданы аналитически или установлены экспериментально зависимости от времени смещения центра настройки и изменения величины мгновенного рассеяния. В принятых ранее обозначениях эти зависимости могут быть записаны в виде $x = m_x(t)$, $\Delta = \Delta_x(t)$.

Так как мгновенное распределение размеров является почти всегда гауссовским, то $\Delta_x(t) = 3\sigma_x(t)$. При реализации метода предельных отклонений требуется, чтобы вид функций $m_x(t)$ и $\Delta_x(t)$ практически был бы одинаков для всех партий деталей. Кроме того, предполагается, что для момента проведения подналадки задана вероятность выхода контролируемого размера за верхнюю или нижнюю границы поля допуска, $q = 0{,}0027$.

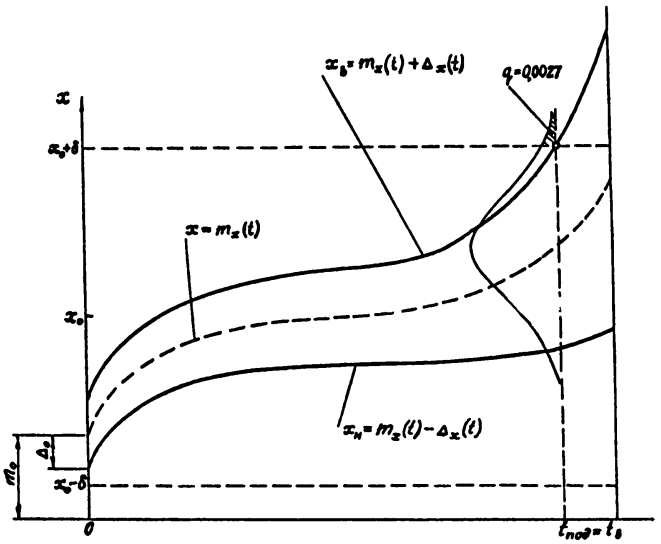


Рис. 8.2.16. К определению времени подналадки $t_{под}$ технологического процесса

На рис. 8.2.16 показан график точности технологического процесса при наличии систематического смещения центра настройки и изменения мгновенной погрешности. Верхняя $x_в$ и нижняя $x_н$ границы мгновенного практически предельного поля рассеяния размеров деталей

$$x_в(t) = m_x(t) + \Delta_x(t);\ x_н(t) = m_x(t) - \Delta_x(t). \tag{8.2.191}$$

Если функция $x_в(t) \geq x_0 + \delta$, то размеры деталей выходят за верхнюю границу поля допуска. В случае, когда размеры деталей выходят за нижнюю границу поля допуска, функция $x_н(t)$ принимает значения меньше $x_0 - \delta$. Таким образом, момент подналадки $t_{под}$ в общем случае равен меньшему из значений $t_в$ и $t_н$: $t_{под} = \min(t_в, t_н)$, где величины $t_н$ и $t_в$ определяются из уравнений

$$\begin{aligned} x_0 + \delta &= m_x(t_в) + \Delta_x(t_в); \\ x_0 - \delta &= m_x(t_н) - \Delta_x(t_н). \end{aligned} \tag{8.2.192}$$

Настройка оборудования должна производиться таким образом, чтобы время $t_{под}$ было как можно больше, т.е. чтобы реже осуществлять подналадку технологического процесса. Рассмотрим сначала случай, когда центр настройки описывается степенной функцией, а величина мгновенного рассеяния размеров постоянная (рис. 8.2.17, *а*):

$$m_x(t) = m_0 + v t^{\frac{1}{n}};\ \Delta_x(t) = \Delta_0 = \text{const}, \tag{8.2.193}$$

где v - скорость смещения центра настройки; Δ_0 - половина поля рассеяния для начального момента; $v > 0$, $n > 0$.

Так как центр настройки смещается к верхней границе поля допуска, то время подналадки $t_{под}$ определяется из уравнения

$$x_0 + \delta = m_0 + v t_{под}^{\frac{1}{n}} + \Delta_0.$$

Откуда получаем

$$t_{под} = t(m_0) = \left[\frac{1}{v}\left(x_0 + \delta - m_0 - \Delta_0\right)\right]^n. \tag{8.2.194}$$

Определим значение m_0^*, соответствующее оптимальному начальному положению центра настройки, при котором величина $t_{под}$ будет наибольшей. По определению величина m_0 заключена в промежутке $m_{01} \leq m_0 \leq m_{02}$ (где $m_{01} = x_0 - \delta + \Delta_0$, $m_{02} = x_0 + \delta - \Delta_0$). Непрерывная функция принимает наибольшее значение или в точках экстремума, или на концах интервала. Функция $t(m_0)$ в (8.2.194) может иметь экстремум только в точке $m_0 = m_{02}$ и равняется в этой точке нулю. Значит, она принимает наибольшее значение на другом конце промежутка в точке $m_0^* = m_{01}$:

$$t_{под}^* = t(m_{01}) = \left[\frac{2}{v}\left(\delta - \Delta_0\right)\right]^n. \tag{8.2.195}$$

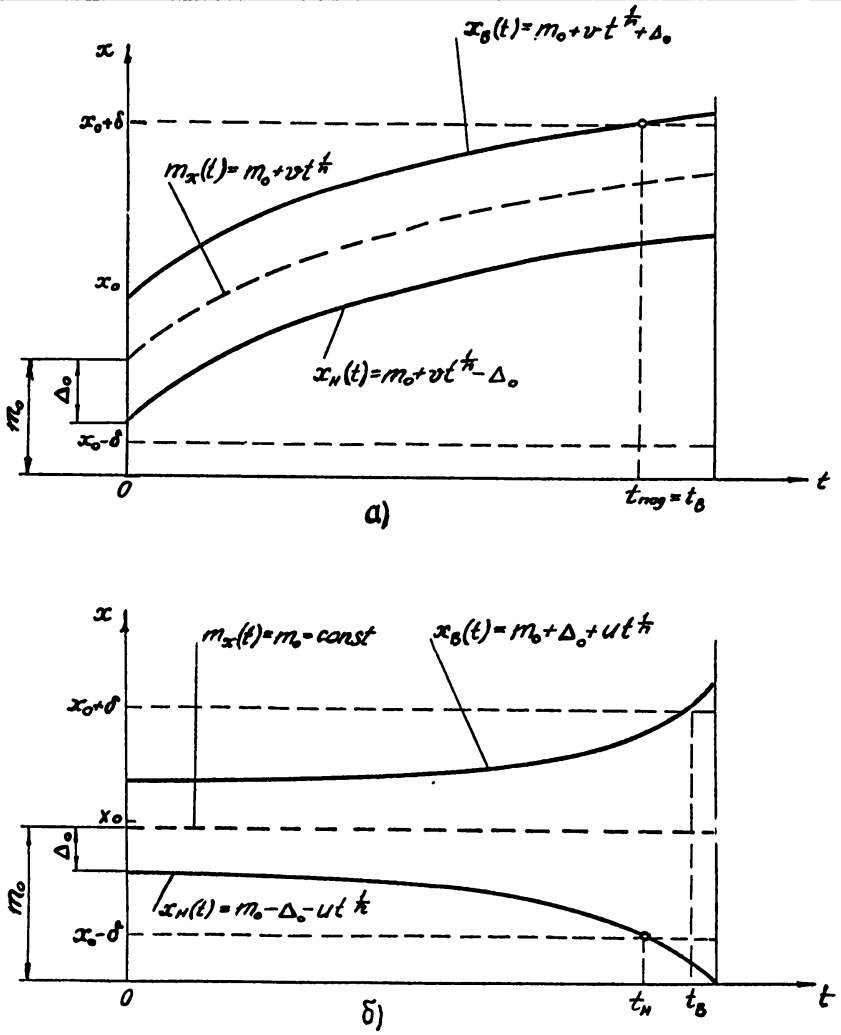


Рис. 8.2.17. Определение времени подналадки $t_{под}$ технологического процесса для случаев:
а - центр настройки изменяется по степенному закону, а мгновенное рассеяние размеров постоянно;
б - центр настройки не смещается, а величина рассеяния возрастает по степенному закону

Аналогичным образом можно показать, что формула (8.2.195) справедлива и в том случае, когда центр настройки смещается к нижней границе поля допуска.

При постоянном центре настройки полуширина предельного поля рассеяния изменяется по степенному закону (рис. 8.2.17, *б*)

$$m_x(t) = m_0 = \text{const}; \ \Delta_x(t) = \Delta_0 + u t^{\frac{1}{n}}, \qquad (8.2.196)$$

где u - скорость изменения мгновенного поля рассеяния.

Найдем величины $t_н$ и $t_в$ из уравнений:

$$x_0 + \delta = m_0 + \Delta_0 + u t_в^{\frac{1}{n}};$$

$$x_0 - \delta = m_0 - \Delta_0 - t_н^{\frac{1}{n}}. \qquad (8.2.197)$$

$$t_в = \left[\frac{1}{u}\left(x_0 + \delta - m_0 - \Delta_0\right)\right]^n;$$

$$t_н = \left[\frac{1}{u}\left(-x_0 + \delta + m_0 - \Delta_0\right)\right]^n. \qquad (8.2.198)$$

Время подналадки оборудования запишем в виде

$$t_{под} = \begin{cases} t_в & \text{при } m_0 > x_0; \\ t_н & \text{при } m_0 < x_0. \end{cases} \qquad (8.2.199)$$

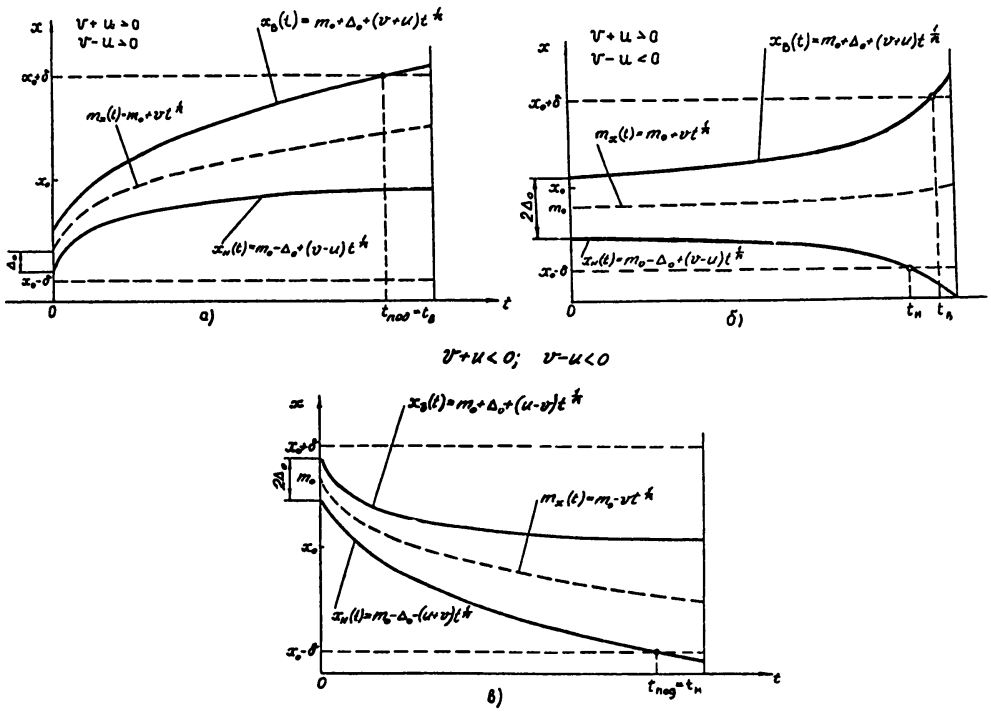


Рис. 8.2.18. Определение времени подналадки $t_{под}$ в случае, когда функции $x_н(t)$ и $x_в(t)$, описывающие соответственно нижнюю и верхнюю границы поля рассеяния, имеют различный характер:
а - функции $x_н(t)$ и $x_в(t)$ монотонно возрастают; *б*- функция $x_н(t)$ монотонно убывает, а $x_в(t)$ - монотонно возрастает; *в* - обе функции монотонно убывают

Время $t_{под}$ из (8.2.199) будет наибольшим, если размер предварительной настройки установить в середине поля допуска, т.е. $m_0^* = x_0$.

Таким образом, время подналадки

$$t_{под}^* = \left[\frac{1}{u}\left(\delta - \Delta_0\right)\right]^n. \qquad (8.2.200)$$

Формула (8.2.200) оказывается справедливой и тогда, когда центр настройки смещается к нижней границе поля допуска.

Рассмотрим более общий случай, когда происходит одновременное смещение центра настройки и изменение величины мгновенного рассеяния размеров по степенному закону:

$$m_x(t) = m_0 + \mathrm{v}\, t^{\frac{1}{n_1}};\ \Delta_x(t) = \Delta_0 + u\, t^{\frac{1}{n_2}}. \qquad (8.2.201)$$

В этом случае верхняя и нижняя границы предельного поля рассеяния размеров

$$x_в(t) = m_0 - \Delta_0 + \mathrm{v}\, t^{\frac{1}{n_1}} + u\, t^{\frac{1}{n_2}}; \qquad (8.2.202)$$

$$x_н(t) = m_0 - \Delta_0 + \mathrm{v}\, t^{\frac{1}{n_1}} - u\, t^{\frac{1}{n_2}}. \qquad (8.2.203)$$

Величины $t_в$ и $t_н$ находятся из уравнений

$$x_0 + \delta = m_0 + \mathrm{v}\, t_в^{\frac{1}{n_1}} + \Delta_0 + u\, t_в^{\frac{1}{n_2}}; \qquad (8.2.204)$$

$$x_0 - \delta = m_0 + \mathrm{v}\, t_н^{\frac{1}{n_1}} - \Delta_0 - u\, t_н^{\frac{1}{n_2}}; \qquad (8.2.205)$$

В общем случае точное (аналитическое) решение уравнений (8.2.204) и (8.2.205) невозможно, оно существует в некоторых частных случаях, например при $n_1 = n_2 = n$. Принимая во внимание это условие, функции (8.2.202) и (8.2.205) запишем в виде

$$x_в(t) = m_0 + \Delta_0 + p\, t^{\frac{1}{n}}; \qquad (8.2.206)$$

$$x_н(t) = m_0 - \Delta_0 + q\, t^{\frac{1}{n}}. \qquad (8.2.207)$$

где

$$p = \mathrm{v} + u;\quad q = \mathrm{v} - u.$$

Решая уравнения (8.2.204) и (8.2.205), с учетом условия $n_1 = n_2 = n$, получим величины $t_в$ и $t_н$:

$$t_в = \left[\frac{1}{p}\left(x_0 + \delta - m_0 - \Delta_0\right)\right]^n; \qquad (8.2.208)$$

$$t_н = \left[\frac{1}{q}\left(x_0 - \delta - m_0 + \Delta_0\right)\right]^n. \quad (8.2.209)$$

Рассмотрим четыре возможных случая.

1. Пусть $p > 0$, $q > 0$. Тогда обе функции (8.2.206) и (8.2.207) возрастают (рис. 8.2.18, *а*), время подналадки

$$t_{под} = t_в = \left[\frac{1}{p}\left(x_0 + \delta - m_0 - \Delta_0\right)\right]^n; \quad (8.2.210)$$

и будет небольшим, если размер предварительной настройки определяется формулой

$$m_0^* = m_{01} = x_0 - \delta + \Delta_0. \quad (8.2.211)$$

Следовательно,

$$t_{под}^* = t(m_{01}) = \left[\frac{2}{p}\left(\delta - \Delta_0\right)\right]^n. \quad (8.2.212)$$

2. Пусть $p > 0$, $q < 0$. В этом случае функция (8.2.206) возрастает, а функция (8.2.207) убывает (рис. 8.2.18, *б*). Тогда время подналадки $t_{под} = \min(t_н, t_в)$ и будет наибольшим, когда

$$t_н = t_в \quad (8.2.213)$$

Подставляя формулы (8.2.208) и (8.2.209) в равенство (8.2.213) и решая его относительно m_0, найдем оптимальное значение первоначальной настройки

$$m_0^* = x_0 - \frac{v}{u}(\delta - \Delta_0). \quad (8.2.214)$$

При этом время подналадки

$$t_{под}^* = \left(\frac{\delta - \Delta_0}{u}\right)^n. \quad (8.2.215)$$

3. Пусть $p < 0$, $q < 0$. Тогда обе функции (8.2.206) и (8.2.207) убывают (рис. 8.2.18, *в*). Время подналадки процесса

$$t_{под} = t_н = \left[\frac{1}{q}\left(x_0 - \delta - m_0 + \Delta_0\right)\right]^n. \quad (8.2.216)$$

Величина $t_{под}$ наибольшая, если размер предварительной настройки

$$m_0^* = m_{02} = x_0 + \delta - \Delta_0. \quad (8.2.217)$$

Время подналадки

$$t_{под}^* = \left[-\frac{2}{q}\left(\delta - \Delta_0\right)\right]^n. \quad (8.2.218)$$

4. Пусть $p < 0$, $q > 0$. В этом случае функция (8.2.206) убывает, а функция (8.2.207) возрастает, асимптотически приближаясь к центру рассеяния. При этом время подналадки очень велико. Данный случай может иметь интерес только в теоретическом плане, так как в процессе обработки партии деталей рассеяние размеров не может все время уменьшаться.

Практический интерес представляет случай, когда центр настройки и величина мгновенного рассеяния размеров изменяются по линейному закону. Для определения времени подналадки можно воспользоваться полученными формулами (8.2.195), (8.2.200), (8.2.212), (8.2.218), если положить в них $n = 1$.

8.2.12. УПРАВЛЕНИЕ ТОЧНОСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Автоматизированные системы управления точностью обработки (АСУТО) позволяют управлять как значением мгновенного поля рассеяния размеров, так и его положением. Принципы действия этих систем чрезвычайно многообразны: начальная настройка (установка) инструмента, обеспечивающего соблюдение допуска в процессе обработки; управление силами резания и их моментами, жесткостью технологической системы и пр.; управление точностью обработки по результатам контрольного измерения детали и т.д. Большое значение в использовании того или иного вида АСУТО имеет установление статистической модели погрешностей обработки, адекватной технологическому процессу.

При создании АСУТО технологическая система станок - приспособление - инструмент - деталь может быть представлена комплексом типовых динамических моделей (звеньев), соединенных между собой тем или иным способом. Статистические и динамические параметры моделей. входящих в АСУТО, характеризуют достигаемую точность процесса обработки и управления, иногда они могут носить нелинейный характер. Так, на точность процесса обработки влияют характеристики измерительно-командного устройства, формирующего команду управления, являющегося безынерционным элементом.

Для оценки точности АСУТО можно воспользоваться структурной схемой обобщенной модели, приведенной на рис. 8.2.19, содержащей линейные, нелинейные элементы и звенья запаздывания. Действие возмущающих факторов

$$E(p) = Q(p) + \mu(p) + h(p), \quad (8.2.219)$$

где $Q(p)$ - действие систематических факторов; $\mu(p)$ - действие случайных факторов; $h(p)$ - уровень начальной настройки станка.

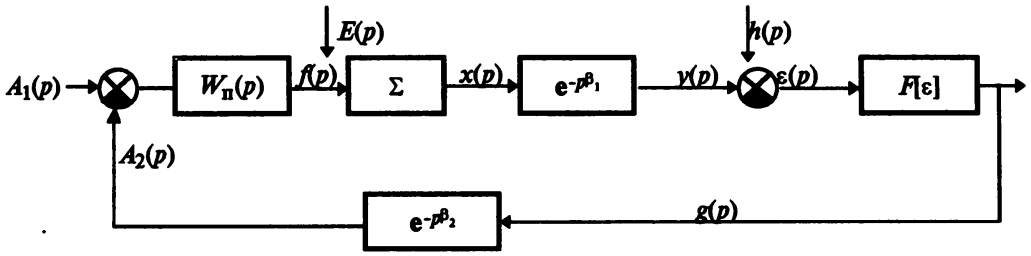


Рис. 8.2.19. Структурная схема обобщенной модели автоматизированной системы управления точностью обработки:

$W_п(p)$ - передаточная функция устройства подачи инструмента; Σ - позиция обработки; $F[\varepsilon]$ - нелинейный элемент системы - измерительно-командное устройство с усилителем и преобразователем; $e^{-p\beta_1}$ - звено транспортного запаздывания; $e^{-p\beta_2}$ - звено запаздывания команды управления; $h(p)$ - уровень заданного значения размера детали; β_1 - время транспортного запаздывания; β_2 - время запаздывания команды управления; p - оператор Лапласа; $x(p)$ - изменение размера детали; $y(p)$ - изменение размера детали с учетом транспортного запаздывания; $g(p)$ - команда управления; $A_1(p)$ - команда включения системы обработки и управления; $\varepsilon(p)$ - погрешность получающегося размера детали, $\varepsilon(p) = y(p) - h(p)$; $A_2(p)$ - команда управления с учетом запаздывания; $f(p)$ - действие подачи инструмента; $E(p)$ - общее действие всех возмущающих факторов в процессе обработки

После загрузки и установки детали на позицию обработки Σ устройство подачи $W_п(t)$ осуществляет подачу инструмента по закону $f(t)$ и съем припуска; при этом на позиции обработки на деталь действуют различные факторы $E(t)$, приводящие к образованию погрешностей обработки ε. При достижении размером детали x настроечного значения h команда g отключает, изменяет подачу или выключает станок. При этом деталь может контролироваться непосредственно на позиции обработки Σ и транспортное запаздывание β_1 отсутствует. В случае расположения измерительного устройства вне зоны обработки имеет место транспортное запаздывание, связанное с переходом детали от позиции обработки к измерительному устройству.

Обобщенная модель может быть описана нелинейным дифференциальным уравнением с запаздыванием, разрешенным относительно погрешности получающегося размера,

$$\varepsilon(p) + F[\varepsilon(p)]\,W_п(p)e^{-p(\beta_1+\beta_2)} = A_1(p)\,e^{-p\beta_1}W_п(p) + E(p)\,e^{-p\beta_1} - h(p). \qquad (8.2.220)$$

Уравнение (8.2.220) устанавливает зависимость погрешности получающегося размера от действия различных факторов с учетом динамических характеристик применяемого устройства подачи и нелинейного элемента - измерительно-командного устройства. Это уравнение может быть решено рядом приближенных методов. Наиболее эффективным является метод статистической линеаризации, который может быть применен и для случаев, когда нелинейные характеристики описываются недифференцируемыми функциями, что характерно для кусочно-линейной аппроксимации, т.е. когда метод непосредственной линеаризации неприменим. Используя линейные преобразования для приближенной замены нелинейной функции линейной, запишем

$$F[\varepsilon] = K_0 m_\varepsilon + K_1\varepsilon^0, \qquad (8.2.221)$$

где K_0 и K_1 - статистические коэффициенты линеаризации; m_ε - математическое ожидание погрешности размера; ε^0 - центрированное значение погрешности размера.

Применяя метод статистической линеаризации, заменим нелинейное уравнение (8.2.220) двумя линейными уравнениями с помощью статистических коэффициентов линеаризации:

$$m_\varepsilon(p) + W_п(p)K_0 m_\varepsilon(p)e^{-p(\beta_1+\beta_2)} = W_п(p)m_A(p)e^{-p\beta_1} + m_E(p)e^{-p\beta_1} - m_h(p);$$

$$\varepsilon^0(p) + W_п(p)K_1\varepsilon^0(p)e^{-p(\beta_1+\beta_2)} = W_п(p)A_1^0(p)e^{-p\beta_1} + E_p^0\,e^{-p\beta_1} - h^0(p). \qquad (8.2.222)$$

На систему обработки и управления могут действовать различные факторы по различным каналам, но основное влияние на точность оказывают действующие при обработке факторы $E(p)$. В соответствии с этим передаточная функция всей системы обработки и управления для входного воздействия $E(p)$ имеет вид

$$W_{E\varepsilon}(p) = \frac{m_\varepsilon(p)}{m_E(p)} = \frac{e^{-p\beta_1}}{1 + W_п(p)K_0 e^{-p(\beta_1+\beta_2)}}. \quad (8.2.223)$$

В установившемся режиме технологического процесса механической обработки при нулевых начальных условиях имеем параметры точности технологического процесса

$$m_\varepsilon(p) = W_{E\varepsilon}(0)m_E(p). \quad (8.2.224)$$

Дисперсия погрешности обработки

$$D_\varepsilon = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} |W_{E\varepsilon}(i\omega)|^2 \Phi_E(\omega)d\omega, \quad (8.2.225)$$

где $W_{E\varepsilon}(i\omega)$ - частотная характеристика системы; $\Phi_E(\omega)$ - спектральная плотность входных воздействий.

Для определения и оценки параметров точности технологического процесса механической обработки может быть предложен способ, облегчающий процедуру расчета. С этой целью установлены расчетно-экспериментальные коэффициенты ψ_0 и ψ_1, с помощью которых определяются статистические коэффициенты линеаризации K_0 и K_1:

$$K_0 = \frac{A}{m_\varepsilon}\psi_0; \quad K_1 = \frac{A}{\sigma}\psi_1, \quad (8.2.226)$$

где A - команда управления.

Метод оценки точности технологического процесса был использован для нескольких видов разработанных АСУТО ряда специфических деталей оборудования текстильной и легкой промышленности. Рассмотрим несколько примеров АСУТО, используемых в текстильном машиностроении.

Рассмотрим АСУТО для управления точностью обработки деталей тел вращения. Эта система может быть использована для управления точностью обработки как длинных, так и коротких гладких и ступенчатых валов. АСУТО, представленная на рис. 8.2.20, обеспечивает точность получения размеров и формы по результатам контроля размеров детали в нескольких поперечных сечениях. На станке *1*, напротив шлифовального круга *2* закреплен преобразователь *3* размера, сигнал с которого поступает на сравнивающее пороговое устройство *6*. На станине станка установлены также датчики положения *5*, настраиваемые в зависимости от длины шлифуемой ступени вала *4*. Команды с этих датчиков положения поступают на логические элементы И. Таким образом, на вход логических элементов поступают два сигнала - со сравнивающего устройства с датчиков положения, количество которых определяется точностью обработки. Выход каждого элемента И связан со входом элемента П. Элемент памяти необходим для запоминания команды, поступающей через элемент И от датчика положения и датчика-преобразователя команды через сравнивающее пороговое устройство, выход которого также связан с устройством *7* отключения врезной подачи. Выхаживание обеспечивает выдерживание требуемого размера в остальных двух сечениях, что фиксируется элементами памяти П. После этого команды с трех элементов памяти П через логические элементы И, соединившись, поступают на устройство *8* останова станка. При осуществлении только врезного шлифования АСУТО действует аналогично с той лишь разницей, что сигналы с датчиков положения *5* поступают непрерывно.

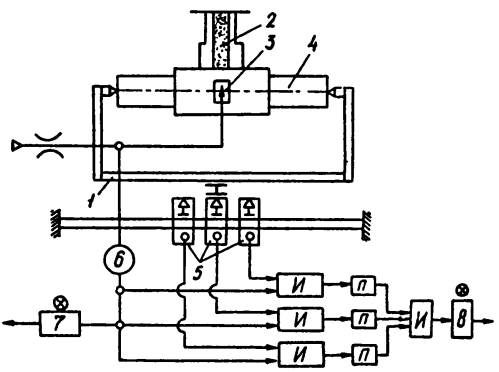


Рис. 8.2.20. Структурная схема автоматизированной системы управления точностью обработки при продольном и врезном шлифовании валов текстильных машин

Рассмотрим пример использования АСУТО для шлифования достаточно специфических деталей - спаренных кулачков батанного механизма ткацкого станка на копировально-шлифовальном станке. Использование АСУТО на финишных операциях позволяет в полной мере обеспечить высокое качество деталей и увеличить производительность на этих операциях.

На рис. 8.2.21 приведена АСУТО, обеспечивающая контроль заданных значений максимальных радиусов-векторов спаренных кулачков - кулачка и контркулачка в определенных их положениях. АСУТО собрана на элементах пневмоники. На станке напротив кулачка *2* установлены неподвижно два преобразователя *3* размера, которые работают поочередно в соответствии с положением шлифовального круга *1*. Для контроля максимального

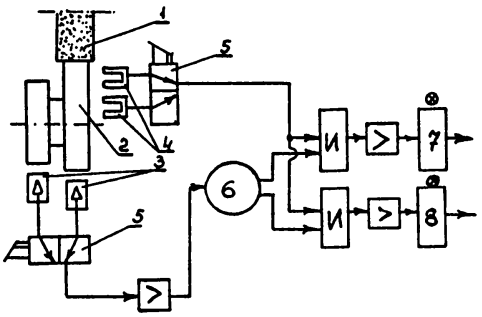


Рис. 8.2.21. Структурная схема автоматизированной системы управления точностью обработки кулачков батанного механизма текстильных машин

радиуса кулачка и контркулачка в определенных положениях по углу поворота установлены два датчика положения *4*. Переключение преобразователей *3* и датчиков положения *4* осуществляется автоматически с помощью электроклапанов *5*. Сигнал с преобразователя *3* через электроклапан *5* и усилитель поступает на сравнивающее пороговое устройство *6*. Прекращение врезной подачи устройством *7* произойдет тогда, когда на вход элемента И поступят одновременно два сигнала: от порогового элемента *6* (размер радиуса кулачка или контркулачка достиг заданного значения) и с датчика положения *4* (этот размер получен в определенной точке поворота). С выключением врезной подачи начинается процесс выхаживания, после которого отвод шлифовального круга осуществляется устройством *8* после подачи двух аналогичных сигналов на вход элемента И и порогового элемента *6* и с датчика положения *4*.

Глава 8.3

МАТЕРИАЛЫ ДЕТАЛЕЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН И МАШИН ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

8.3.1. МАТЕРИАЛЫ ДЕТАЛЕЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН

В производстве текстильных машин наибольшее распространение получили чугуны и стали.

Чугуны характеризуются хорошими демпфирующими свойствами; высоким сопротивлением сжатию, кручению и изгибу; улучшенными литейными свойствами, что обусловило их широкое использование в текстильном машиностроении (табл. 8.3.1).

Углеродистые стали в большинстве случаев незаменимы для изготовления деталей текстильных машин (табл. 8.3.2).

Легированные стали по сравнению с углеродистыми обладают лучшими механическими свойствами, высокой прокаливаемостью, мелкозернистой структурой (табл. 8.3.3).

Инструментальные стали, отличающиеся высокой твердостью, прочностью и износостойкостью, широко используются в текстильном машиностроении. Оправки, веретена, пластинки боевых механизмов, элементы тормозных устройств для уточной нити, язычковые трикотажные иглы и др. изготовляют из углеродистых инструментальных сталей У8А, У10А, У12А и др. Легированные инструментальные стали (ХВГ и др.) хорошо зарекомендовали себя в таких изделиях, как замковые клинья, специальные гайки, втулки боевых коробок и др.

Алюминиевые сплавы все шире используются в создании деталей текстильных машин (табл. 8.3.4).

Магниевые сплавы в силу их слабой износо- и коррозионной стойкости, а также пониженной прочности и жесткости пока не получили широкого распространения. В то же время легкость и высокая демпфирующая способность делают их весьма перспективными материалами для текстильного машиностроения. Находят применение литейные магниевые сплавы МЛ2, МЛ4, МЛ5 и деформируемые сплавы МА2, МА5: из них изготовляют корпуса, траверсы, стойки, диски навоев, зубчатые колеса, тяги, шатуны, кронштейны, рычаги и др.

Медные сплавы используют в узлах трения. Из оловянной бронзы БрОЦС5 - 5 - 5, алюминиевых бронз БрАЖ9-4 или БрАМц9-2 делают втулки, подшипники, вкладыши, подпятники веретен и др.

Неметаллические материалы отличаются высокой коррозионной стойкостью, адгезией к металлам, малым коэффициентом трения, легкостью, технологичностью и т.п. Термопластичные пластмассы (полиэтилен; полипропилен и ударопрочный полистирол) используют как конструкционные материалы в производстве деталей текстильных машин (товарные кольца для проводки ленты и ткани, зубчатые колеса и др.), как кислотостойкие материалы для покрытий баков, а также как пленочные материалы. Фторопласт-4 применяют для изготовления гибких шлангов, вентилей, кранов, насосов, манжет, уплотнителей в производстве оборудования, предназначенного для переработки химических волокон и крашения тканей. Хорошо себя зарекомендовали в текстильных машинах металлофторопластовые подшипники и втулки. Из полиамидов (капрона, нейлона, анида и др.) производят втулки, зубчатые колеса, вкладыши, ролики.

Нагруженные зубчатые колеса делают из слоистых термопластов (полиамида, наполненного стеклотканью). Термореактивные пластмассы (в основном волокнистые и слоис-

8.3.1. Чугуны, применяемые для получения деталей текстильных машин

Чугун	Условия эксплуатации	Детали
Отбеленный	Работа в нагруженных парах трения или в контакте с волокнистыми материалами, особенно загрязненными	Валы чесальных машин для шерсти; ролики рычагов мотальных механизмов; кулачки батанных зевообразовательных механизмов ткацких машин; кулачки мотальных механизмов крутильно-вытяжных и других машин
Серый:		
СЧ 102	Незначительные нагрузки или без них	Детали, для которых не обязательна прочностная характеристика: грузы, крышки, шайбы, фундаментные плиты, станины, рамы, брусья прядильных машин, связи ткацких машин, кронштейны, шкивы, рычаги
СЧ 15, СЧ 18	Малые нагрузки	Зубчатые колеса, звездочки цепных передач, маховики, кронштейны, рычаги механизмов мотки, барабаны чесальных машин; тормозные колодки, ползуны и др.
СЧ 20, СЧ 21, СЧ 24, СЧ 25	Высокие нагрузки и изнашивание	Корпусные детали, цилиндры, гильзы, прижимы и т.п.
Ковкий, например КЧ30-6	Ударные или циклические нагрузки	Упоры, рычаги зевообразовательных механизмов, державки, веретена боевых механизмов и др.
Высокопрочный:		
ВЧ 40, ВЧ 45	Значительные динамические нагрузки	Коленчатые валы, боевые веретена, лопасти ткацких машин и др.
ВЧ 50, ВЧ 60, ВЧ 70	Большие нагрузки	Зубчатые колеса, храповики, гильзы, цилиндры, кронштейны и др.

8.3.2. Углеродистые конструкционные стали для деталей текстильных машин

Сталь	Условия эксплуатации	Детали
Ст0, Ст1кп, Ст2кп	Без нагрузок или при незначительных нагрузках	Нерассчитываемые, неответственные детали и элементы текстильных машин: ограждения, кожухи, подкладки, связи, болты, шайбы, винты, гайки (детали из Ст2кп после цементации могут работать также при трении)
Ст3пс, Ст4пс	Малые нагрузки	Обечайки главных барабанов чесальных машин, рычаги, кронштейны, шатуны, неответственные валы
Ст5пс	Небольшие нагрузки	Червяки, оси, ролики, зубчатые колеса, цилиндры
Ст6пс	Высокие нагрузки	Валы, зубчатые колеса, шпонки, элементы цепных передач, тяги (после термообработки)

Продолжение табл. 8.3.2

Сталь	Условия эксплуатации	Детали
08, 10	Малые нагрузки	Крепежные изделия, втулки и др.
15, 20, 25	Невысокие нагрузки, но значительное истирание	Оси, рычаги, звездочки цепных передач, зубчатые колеса, втулки (после цементации и закалки с последующим отпуском)
30, 35	Малые нагрузки	Рычаги, фланцы, валики, станины, цилиндры и др. (без термообработки)
	Средние нагрузки	Валики, винты, штифты, шайбы, шатуны, соединительные муфты, оси, звездочки (после термообработки)
40, 45, 50, 55	Значительные нагрузки и изнашивание	Зубчатые рейки, зубчатые колеса, фрикционные диски, муфты, валы, пальцы, траверсы, штоки, рычаги, вытяжные цилиндры, игольницы трикотажных машин, кольца прядильных машин, кулачки ремизных механизмов и др. (после термообработки)
60, 65, 60Г, 65Г	Высокие нагрузки и изнашивание	Круглые и плоские пружины, пружины амортизаторов, рессоры, замковые шайбы, шпиндели, тормозные барабаны и ленты, игольницы, кулачки ремизных механизмов и др. (после термообработки)
А11, А20 и др.	Малые нагрузки	Винты, болты, гайки и т.п.

8.3.3. Легированные стали для деталей текстильных машин

Сталь	Условия эксплуатации	Детали
Конструкционная цементуемая:		
15Х, 15ХА, 20Х,	Средние нагрузки при высоких скоростях	Зубчатые колеса, муфты, червяки, валы, оси
15ХФ		Шпиндели
20ХН, 12ХН3А		Зубчатые колеса, валы и др.
Конструкционная улучшенная:		
40Х, 40ХН	Высокие нагрузки и скорости	Зубчатые колеса, ролики, шпиндели, валы, кулачки и др.
38Х2Ю, 38Х2МЮА		Направляющие глазки, нитеводы, кулачки, кольца прядильных машин и др.
Рессорно-пружинная:		
55С2, 60С2	Высокие нагрузки	Плоские и круглые пружины, рессоры, пружинные кольца и др.

Продолжение табл. 8.3.3

50ХФА, 50ХГФА		Торсионные валы ткацких машин, высокотемпературные пружины и др.
Подшипниковая:		
ШХ9	Высокие нагрузки и износ	Шпиндели веретен прядильных и крутильных машин
ШХ15		Шпиндели веретен, замковые клинья трикотажных машин, кольца прядильных машин для шерсти
Коррозионно-стойкая:		
12Х13		Болты, гайки, валы, защитная облицовка ванн и др.
20Х13, 30Х13		Валы, крышки, муфты, ролики и др.
40Х13	Воздействие агрессивных сред в оборудовании для переработки химических	Валики, приемные диски, кольца прядильных машин для мокрого прядения и др.
12Х17, 95Х18, Х12М	волокон и красильно-отделочного производства	Шестеренные насосы, трубы, баки и др.
12Х18Н9Т, 08Х22Н6Т		Защитная облицовка ванн, сварные конструкции, трубки, заглушки, фильтры, прядильные головки, направляющие ролики, плавильные устройства и др.
Жаростойкая и жаропрочная:		
40Х9С2, 40Х10С2М, 15ХМ	То же	Штоки, корпуса, теплообменники, клапаны, диски, кольца прядильных машин и др.

8.3.4. Алюминиевые сплавы для деталей текстильных машин

Сплав	Условия эксплуатации	Детали
Литейный (силумин):		
АЛ2	Малые нагрузки	Корпуса, кожухи и др. (отливки сложной формы)
АЛ4, АЛ5	Невысокие и средние нагрузки и воздействие агрессивных сред	Корпуса, поддоны и др. (крупные отливки)
АЛ9	Средние нагрузки	Корпуса, крышки, кронштейны, дверки и др. (отливки сложной конфигурации)
АЛ8	Высокие нагрузки и воздействие агрессивный сред	Кронштейны, стойки, пробивные доски и др.
Деформируемый Д16	Высокие нагрузки	Батанные брусья, шкивы, гайки, программные диски, храповики, камеры прядильных устройств, расчесывающие барабанчики и др.

тые) достаточно широко применяют в текстильном машиностроении для деталей, работающих при действии ударных нагрузок на изгиб и кручение. Из асбоволокнитов изготовляют тормозные устройства текстильных машин. Фаолит (разновидность асбоволокнита) используют для создания кислотостойких ванн, труб, вентилей и др. Конструкционные текстолиты различных марок как материалы, хорошо поглощающие вибрацию и износостойкие, часто используют для изготовления деталей текстильных машин, таких, как панели, ролики, шкивы, направляющие втулки, зубчатые колеса и др. Из асботекстолитов производят детали тормозных устройств. Древесно-слоистые пластики являются хорошими материалами для шкивов, втулок, зубчатых колес, подшипников, погонялок и др. Клинья, шайбы, рукоятки, шкивы, направляющие планки текстильных машин могут быть выполнены из гетинакса.

8.3.2. МАТЕРИАЛЫ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Оборудование различных отраслей легкой промышленности классифицируют по условиям эксплуатации, которые, наряду с другими общепринятыми факторами в машиностроении, являются основополагающими при выборе конструкционных материалов. Типичные условия для машин различных подотраслей легкой промышленности, которые являются основными с точки зрения их отличия от обычных машин, имеющих подобные конструктивные характеристики, приведены в табл. 8.3.5.

Большинство деталей машин легкой промышленности относится к типовым: валы, шестерни, кулачки, втулки, пальцы и т.п. Выбор материалов для их изготовления осуществляется по общепринятым методикам с учетом приведенных в табл. 8.3.5 отличительных условий эксплуатации.

Работа с материалами легкой промышленности не допускает попадание масел или других жидкостей в зону обработки, что может привести к возникновению неустранимых дефектов изделия. Поэтому работа отдельных узлов трения происходит в условиях недостаточного смазывания. Охлаждение рабочего инструмента также проводится "сухим" способом, исключающим применение смазочно-охлаждающих жидкостей.

Степень нагруженности деталей зависит преимущественно от технологического сопротивления, что характерно для машин, обрабатывающих на невысоких скоростных режимах кожу и обувь и, в ряде случаев, от инерционных сил (типичных для высокоскоростных швейных машин). В технологическом оборудовании отдельных отраслей легкой промышленности можно выделить специфичные для него типовые детали (табл. 8.3.6).

Классифицировать материалы принято по условиям нагруженности типовых деталей с учетом особенностей эксплуатации конкретного оборудования на различных технологических операциях. Учитывая возможность широкого применения наименее дорогостоящих чугунов, значительная часть корпусных и других ненагруженных деталей изготовляется литьем, что позволяет существенно снизить стоимость. В то же время эффективно реализуются положительные свойства железоуглеродистых сплавов: антифрикционные качества, демпфирующие способности и т.п. Для типовых деталей рекомендуются чугуны, приведенные в табл. 8.3.7.

8.3.5. Отличительные условия эксплуатации машин легкой промышленности

Условия эксплуатации	Машины
Агрессивные среды	Кожевенно-меховые
Высокие инерционные нагрузки, требующие снижения масс деталей	Швейные
Ударные нагрузки	Гвоздезабивающие и другие ударные механизмы обувных машин. Вырубные прессы
Высокие температуры	Сушильные установки в кожевенном и обувном производствах. Прессы для вулканизации подошв
Значительные удельные нагрузки и изнашивание режущей кромки	Швейные, меховые, обувные, кожевенные (резаки, ножи, иглы)
Абразивное трение от воздействия объекта обработки	Швейные, обувные (нитенаправители, иглы, челноки)

8.3.6. Типовые детали машин легкой промышленности

Машина	Деталь	Требования к материалам		Материал
		эксплуатационные	технологические	
Швейные	Игла	Высокая твердость, обеспечивающая стойкость режущего лезвия; износостойкость ушка при прохождении игольной нитки; упругость при изгибе	Хорошая шлифуемость (для обеспечения заточки), закаливаемость	Высокоуглеродистая сталь
	Петлители и челноки, нитенаправители, зубчатые рейки	Износостойкость при прохождении игольной нити; твердость, обеспечивающая низкий износ рабочей поверхности	Хорошая шлифуемость (для обеспечения минимальной шероховатости рабочих поверхностей), закаливаемость	Средне- и высокоуглеродистая сталь
	Ножи для обрезки ниток и края ткани	Стойкость режущего лезвия	Хорошая шлифуемость (для обеспечения заточки), закаливаемость	Высокоуглеродистая сталь
Прессы для влажно-тепловой обработки	Гладильные подушки	Высокая теплопроводность, теплостойкость, коррозионная стойкость	Хорошие литейные свойства, обрабатываемость резанием (для получения сложной формы)	Алюминиевый сплав
	Покрытия подушек	Газопаропроницаемость, упругость, теплостойкость до 200 °С	Возможность получения пористой структуры	Силиконовая резина, войлок
Вырубные прессы	Резаки	Стойкость режущего лезвия	Свариваемость, пластичность, обеспечивающая получение сложной формы путем гибки, закаливаемость	Высокоуглеродистая сталь
	Плиты или колоды	Стойкость при воздействии резанием, вибродемпфирующие свойства, прочность	Литейные свойства, позволяющие получать отливку большого сечения и площади	Алюминиевый сплав, полиолефин
Кожевенные машины валичного типа	Спиральные ножи	Стойкость режущей кромки	Хорошая шлифуемость при заточке; высокая пластичность для получения сложной формы, закаливаемость	Низкоуглеродистая сталь после цементации с последующей термообработкой, двухслойная сталь, низкоуглеродистая с напылением твердых материалов
	Ленточные ножи	Стойкость режущей кромки	Хорошая шлифуемость при заточке, свариваемость, закаливаемость	Высокоуглеродистая и легированная сталь
Барабаны, баркасы	Корпус	Стойкость к воздействию агрессивных сред	Возможность сборки герметичного бака большого размера	Высоколегированная сталь, дерево

8.3.7. Чугуны для деталей машин легкой промышленности

Чугун	Условия эксплуатации	Детали
Ферритный и феррито-перлитный СЧ 10	Незначительные нагрузки, работа в парах трения	Корпусные детали кожевенных и обувных машин. Головка швейной машины
Феррито-перлитный СЧ 18, СЧ 20, СЧ 21	Малые нагрузки	Головка (рукав и платформа) высокоскоростных швейных машин. Корпус пресса
Перлитный СЧ 24, СЧ 25, ВЧ 60, ВЧ 70	Относительно высокие статические и динамические нагрузки	Корпусные детали высокопроизводительных прессов тяжелого типа. Корпус гвоздезабивающего механизма, рабочие цилиндры и т.п.
Ковкий с относительно высокой пластичностью КЧ 60-6, КЧ 60-3	Ударные или циклические нагрузки	Рычаги силовых механизмов, детали рабочих механизмов обувных машин
Высокопрочный ВЧ 50, ВЧ 45	Значительные динамические нагрузки	Коленчатые валы, цилиндры, гильзы, храповики и т.п.

Наиболее распространенным материалом для изготовления большинства деталей машин легкой промышленности является сталь (табл. 8.3.8). При относительно невысокой стойкости углеродистые конструкционные стали соответствуют основным требованиям, предъявляемым к деталям, обеспечивая их необходимую работоспособность и долговечность. Хорошие технологические свойства позволяют добиваться необходимой точности размеров и качества рабочих поверхностей. От этих факторов в значительной степени зависит технический уровень оборудования, так как многие машины швейных и обувных производств требуют высокой точности при изготовлении.

Для машин кожевенного, мехового, и валяльно-войлочного производств необходимо учитывать важность такого фактора, как ремонтопригодность. Это связано с эксплуатационными особенностями машин и значительными габаритами самой машины и основных деталей: рабочих валов, барабанов и т.п. Масса, например, ножевого вала мездрильной машины достигает 500 - 700 кг. Применение чугунов исключается из-за необходимости зачеканки ножей в канавки, которые могут разрушаться в результате ударного действия рабочего инструмента.

Типовые детали машин (валы, оси, втулки, крепеж и т.п.) изготовляют из наиболее распространенных сталей (обыкновенного качества и качественных). Для ответственных деталей применяют углеродистые инструментальные стали У7 + У13, отличающиеся от конструкционных более высокой твердостью и износостойкостью. Из них изготовляют ножи для резания (обрядки) кожи. Из подобных сталей получают иглы к швейным и обувным машинам. Широкое применение находят также высокоуглеродистые стали для изготовления ножей, резаков для раскроя кожи, резины и текстиля. Для изготовления обувных резаков используется специальный прокат - полоса с одно- или двусторонней заточкой. Резак имеет замкнутую сложную форму, которую придают ему на гибочных машинах. Соединение концов ленты осуществляют с помощью сварки. Обычно сварной шов является местом разрушения резака при его эксплуатации.

Стойкость режущего лезвия резака зависит от его твердости, поэтому назначают стали с высоким содержанием углерода (У10 + У13) и термообработкой, обеспечивающей получение максимальной твердости (закалка плюс низкотемпературный отпуск). Такие резаки эффективно работают при использовании достаточно мягких вырубных плит, на которых проводится раскрой деталей обуви и одежды. Особенно важно сохранить при раскрое резины заточку резака. Например, для деталей низа обуви значительная толщина вырубаемых слоев и большое сопротивление материала вызывают поглощение энергии удара и не вызывают существенных нагрузок на режущее лезвие при воздействии на вырубную плиту.

При раскрое тонких материалов (ткани, галантерейная кожа и т.п.) на металлических плитах (стальные, алюминиевые) резак работает в условиях ударных нагрузок, способных вызвать его выкрашивание. Поэтому такие резаки должны обладать пластичностью и демпфирующими свойствами. Эти требования обеспечиваются выбором стали с более низким содержанием углерода и проведением отпуска при нагреве до 200 + 300 °С.

Примерно такие же стали (У8 + У10) выбирают для изготовления швейных игл. Основными причинами отказов, связанных с иглами при эксплуатации являются:

искривление продольной оси, вызываемое, например, сшиваемым материалом

8.3.8. Конструкционные углеродистые стали для деталей машин легкой промышленности

Сталь	Условия эксплуатации	Детали	Машины
Обыкновенного качества Ст0 + Ст2кп	Незначительные нагрузки, неагрессивные среды	Кожухи, ограждения, крепежные детали, шайбы	Кожевенные, меховые, обувные, швейные
Ст3пс, Ст4пс: без термообработки	Малые статические, циклические и ударные нагрузки	Рычаги, кронштейны, оси, валы	То же
после цементации и закалки	Невысокие нагрузки и работа в условиях трения	Ползуны, направляющие, кулачки, ролики, рычаги с элементами трения	Швейные, обувные
Качественная 08кп после односторонней цементации и закалки	Резание кожи упрочненной кромкой	Спиральные ножи	Валичные кожевенные машины, машины для обработки меха
08, 10, 15, 20, 25 после цементации, закалки с последующим отпуском	Работа в условиях интенсивного трения при невысоком напряжении	Рычаги, втулки, крепежные детали, звездочки цепных передач, валы, оси, втулки, зубчатые колеса	Швейные, обувные, кожевенные, меховые
30, 35 после термообработки (улучшенные)	Малые нагрузки	Фланцы, кожухи, корпусные детали, оси, пальцы, упоры, стопорные шайбы, винты, рабочие валы	То же
	Средние нагрузки	Те же детали, работающие в более жестких условиях	,,
40, 45, 50 после термообработки	Значительные нагрузки и интенсивное трение	Валы, пальцы, оси, шарниры, кулачки, шестерни, зубчатые рейки, игольные пластины	Швейные
		Кулачки, ползуны направляющие, гидро- и пневмоцилиндры, гильзы	Обувные
		Транспортирующие и прижимные валы, работающие при нагрузке, имеющие большую длину	Кожевенные и меховые
60, 65: после закалки и низкотемпературного отпуска	Высокие нагрузки и работа в условиях трения	Кулачки, направляющие, нитепроводящие детали, детали челночного комплекта, игольная пластина, детали автоостанова, механизмы обрезки ниток и края ткани	Швейные
		Детали механизмов для забивания гвоздей, детали гидропневмоаппаратуры	Обувные, кожевенные

Продолжение табл. 8.3.8

Сталь	Условия эксплуатации	Детали	Машины
после закалки и среднетемпературного отпуска	Элементы пружинно-рессорных устройств	Круглые и плоские пружины, амортизаторы, тормозные устройства	Швейные, обувные

8.3.9. Легированные стали для деталей машин легкой промышленности

Стали	Условия эксплуатации	Детали
Конструкционные цементуемые 12ХН3А, 15Х, 15ХА, 15Г, 15ХФ	Средние нагрузки, износ при трении	Зубчатые колеса, червяки, валы, оси, втулки, игловодитель, ползуны
Конструкционные улучшенные 40Х, 40ХН, 50ХН, 30ХМА, 38ХС, 38ХМ10ГА, 38ХГНМ	Средние и высокие нагрузки, работа при интенсивном трении	Кулачки, ролики, нитенаправители, зубчатые колеса
Рессорно-пружинные, углеродистые и легированные 65, 75, 85	Высокие нагрузки	Плоские и круглые пружины, пружинные кольца
60Г, 65Г, 70Г, 55С2, 50ХГ, 50ХФА, 50ХГФА, 55С2ГФ		Те же детали, работающие при высоком нагреве
Подшипниковые ШХ6, ШХ9, ШХ15, ШХ15Г	Изнашивание в результате трения	Узлы трения, кольца валов, имеющих высокую частоту вращения
Коррозионно-стойкие 08Х13, 12Х13, 20Х13, 25Х13М2	Слабоагрессивная среда	Клапаны гидравлических вырубных прессов, ненагруженные детали кожевенно-меховых машин
		Аналогичные детали более сложной формы, где требуется обработка на станках

при неправильной регулировке рабочих органов;

затупление иглы при ударе по носику челнока или по игольной пластине;

поломка иглы.

Исходя из этих требований, назначается термообработка, аналогичная той, что применяется для резаков. Углеродистые инструментальные стали (У8) служат также для изготовления пластинчатых пружин, используемых в швейных и обувных машинах, в частности, в механизмах останова.

При более высоких требованиях к деталям, которым не могут удовлетворять углеродистые стали, их изготовляют из легированных сталей (табл. 8.3.9). Последние обладают более высокими механическими свойствами вследствие мелкозернистой структуры, полученной после термообработки. Введение легирующих элементов способствует повышению прокаливаемости стали, обеспечивая тем самым повышение прочности деталей.

Литейные алюминиевые сплавы (силумины) АЛ2, АЛ4, АЛ5, АЛ9 применяют, например, в швейных машинах для изготовления рукавов, других корпусных деталей. Отдельные детали шарнирно-рычажных механизмов, которые работают при невысоких нагрузках, выполняют из алюминиевых сплавов Д1, Д16.

Благодаря использованию магниевых сплавов для изготовления шатуна и коромысла в кривошипно-коромысловом механизме подачи нитки в высокоскоростных швейных машинах масса этих деталей снизилась в 2 - 3 раза.

Неметаллические материалы в оборудовании легкой промышленности являются традиционными для многих видов оснастки. Так, обувные колодки изготовляют из литьевых алюминиевых сплавов (АЛ2), пластмассы и дерева. В зависимости от назначения колодок для них выбирают достаточно распространенный материал. Деревянные колодки хорошо зарекомендовали себя при единичном ручном

производстве Обладая хорошей обрабатываемостью резанием, дерево позволяет получить из заготовки сложную пространственную модель. Кроме того, в процессе формования заготовки обуви фиксация ее элементов проводится с помощью небольших гвоздей, забиваемых в колодку, что делает дерево незаменимым материалом для этого. Отчасти такими же свойствами обладает ряд полимеров. Преимущество последних заключается в возможности получения колодок литьевым способом, что значительно снижает стоимость изделия и обеспечивает возможность вторичного использования материала.

Металлические колодки применяют в тех случаях, когда используются технологии, связанные с нагревом, например метод горячей вулканизации низа обуви. Несмотря на более высокую стоимость таких колодок, данная технология не имеет альтернатив при выборе материалов.

Полимерные материалы служат при изготовлении бытовых швейных машин, которые отличаются от промышленных небольшими скоростями работы, а следовательно, меньшими динамическими нагрузками. Из полимеров отливают детали кулачковых механизмов, зубчатые колеса, втулки, шкивы, корпусные детали. Для этих целей служат полиамиды (капрон, нейлон), полиолефины (полиэтилен, полипропилен), фторопласт-4.

Вырубные плиты к раскройным прессам производят из поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена (ПЭ) и полипропилена (ПП). Имеется опыт использования ударопрочного полистирола (ПС). Однако выбор конкретного материала зависит от размеров вырубной плиты, типа пресса и вида вырубаемого материала. Плиты небольших размеров получают из ПВХ, ПЭ и ПП прессованием, плиты большой длины - экструзией на литьевой машине с противодавлением из ПЭ, ПП и ПС.

Полимерные материалы следует рассматривать как перспективные и для кожевенно-мехового оборудования, где требуется высокая антикоррозийная стойкость материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Активный** контроль размеров / Под ред. С. С. Волосова. М.: Машиностроение, 1984. 223 с.

2. **Казаков И. Е., Доступова Б. Г.** Статистическая динамика нелинейных автоматических систем. М.: Физматгиз, 1962. 330 с.

3. **Обработка** материалов резанием: Справочник технолога / Под ред. А. А. Панова. М.: Машиностроение, 1988. 736 с.

4. **Основы** проектирования машин ткацкого производства / Под ред. А. В. Дицкого. М.: Машиностроение, 1983. 320 с.

5. **Прошков А. Ф.** Расчет и проектирование машин для производства химических волокон. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 406 с.

6. **Сизенов Л. К.** Вероятностные методы анализа и расчета точности технологических процессов в приборостроении. М.: Машиностроение, 1979. 52 с.

7. **Сизенов Л. К., Гусев А. А.** Построение матричных моделей точности технологических процессов // Изв. вузов. Машиностроение. 1990. № 3. С. 123 - 127.

8. **Сизенов Л. К., Масленников А. М.** Анализ и расчет точности обработки в судовом машино- и приборостроении. Л.: Судостроение. 1988. 272 с.

9. **Системы** автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов / Под ред. С. Н. Корчака. М.: Машиностроение, 1988. 352 с.

10. **Соломенцев Ю. М., Сосонкин В. Л.** Управление гибкими производственными системами. М.: Машиностроение, 1988. 351 с.

11. **Справочник** технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. Т. 1. 656 с. Т. 2. 496 с.

12. **Технология** текстильного машиностроения / Под ред. Л. К. Сизенова. М.: Машиностроение, 1988. 320 с.

13. **Точность** производства в машиностроении и приборостроении / Под ред. А. Н. Гаврилова. М.: Машиностроение, 1973. 507 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автомат кругловязальный двухцилиндровый 219
- основомотальный 63
- смены шпуль ящичного типа 136
Автомат чулочно-носочный 218 - Направления развития 224
- электронного управления 219
- электронный кругловязальный 224
Автосъемник паковок 38
Агрегат дублировочный 521
- клеевой 249
- ленточно-смешивающий 148
- литьевой 432
- льночесальный АЧЛ 143
- покрывного крашения 478
- для получения вискозных волокон 336
- для получения полиэфирных волокон - Технологические схемы 338
- для получения стеклянных нитей одностадийным способом 341
- для производства нетканых материалов фильерным способом - Схема 258 - Техническая характеристика 259
- разрыхлительно-очистительный 13
- стеклопрядильный 340
Аппарат для жидкостной скоростной обработки текстильных материалов в паковках 192
- котловой терморелаксационный 192
- с неподвижным корпусом для обработки мехового и кожевенного сырья и полуфабриката 441
- с подвижным корпусом для обработки кожевенного и мехового сырья 443
- свойлачивающий 263
- стригальный 170
- сушильного типа СКД 193
Аркат - Изготовление 106
Аэродинамика машин - Характеристика 58

Барабан - Воздушные потоки 59 - Мощность, потребляемая при вращении, 444 - Расчет днища 445
- разрыхлительный 13
- сушильный 189
- узорообразующий 213
- холстоформирующий сдвоенный 260
- чесальной машины съемный 26
Баркас 441
- деревянный - Расчет элементов 442
Бегунки прядильных и крутильных машин 36
Берд 71
- профилированный 80
Блок игольного цилиндра чулочно-носочного автомата 220
Бобинодержатель 66, 322
- формовочной машины 323
- цангового типа 324
Брак деталей вероятный - Расчет 576

Вакуумирование полотна глубокое 177
Вал - Расчетная схема 196
- для каландра 253
- малопрогибный 196
- металлический каландра 174
- наборный каландра 174
- ножевой 452
- обрезиненный 195
Вал отжимной - Допускаемые деформации рабочей поверхности 185
- наборный 186
- отделочного производства 195
Вал с управляемой деформацией рабочей поверхности 179
Валик ворсовальный 166
- перегонный 22
- противоворсовальный 166
- сновальный 66
- сороотбойный 22
Валка валяльно-войлочных изделий 266
Валки 511 - Перекрецивание 513
Вальян жаккардовой машины - Частота вращения 112
Ванны - Классификация 199
Веретено (крутильный механизм) - Опоры 48 - Производительность для крутильной и тростильно-крутильной машины 283
- плетельной машины 239
Взъерошивание поверхности 413
Виброизоляция 245
Влажность полотна - Регулирование по ширине 178
Воздействие ударно-истирающее 499
Волокна вискозные 335
- полиамидные и полиэфирные 336
- углеродные 339
Волокна-очес 143
Воронка формовочная 301
Ворсование - Условие для игловорсованой машины 167
- интенсивное - Условия 167
Вспениватель клеевого агрегата 250
Вставка блочков и крючков 419
Вулканизация горячего низа обуви 435
Выбор условий прокладывания нити для кругловязальных машин 208
Выкраивание круглых деталей 356
Выработка кружев и кружевного полотна 238
Выравнивание деталей верха обуви по толщине 415
Вытягивание полимерной нити 283
Вытяжка гребнечесальной машины 158
- кинематическая 44
Вязание - Полурегулярный способ 226 - Регулярный способ 225

Гарнитура размалывающая 503
- чесальных машин 22 - Высота 22 - Номер 22
Гауч-вал отсасывающий 539
Гауч-пресс 533
Гидропривод в жале валов 197
Глубина кулирования 204, 220 - Зона регулирования 221
- прокалывания - Регулирование 246
Гнездо паковки 52
Головка плетельная 238
- уточно-перемоточная автоматическая 136
- фильерная 300, 304
Гранулят 342
Граф многооперационный технологического процесса 554
Гребень сбивной - Частота колебаний 157
- съемный чесальной машины 26 - Критическая скорость 27
Гребни 45

Датчики контроля нити (нитенаблюдатели) 216
Двоение по толщине материала - Обработка деталей низа обуви 411
Детали батанного механизма бесчелночной ткацкой машины - Дополнительные функции 88
Деформация полуфабриката при обработке на вибрационной тянульно-мягчильной машине 472
- резинового покрытия вала 456
Джигер 183
Диаграмма цикловая работы механизмов лентоткацкой машины 93

Диски замасливающих устройств - Определение параметров 306
- транспортирующие нить 312
Диск крутильный 281
- нитеводительный со спиралевидными пазами 330
- плавильный 290
Дифференциал ровничной машины 30
Длина наработки полотна за один оборот цилиндра 205
- петель - Определение 221
- уработки нити 205
Дозирование формовочного расплава 275
Допуски для модели процесса со многими входами и одним выходом - Оптимизация 556
- со многими входными и выходными переменными - Задача оптимизации 558
Доска кассейная жаккардовой машины 106
Дробилка молотковая 449

Жгут 289 - Переработка 336 - Способы резания 333
- сгофрированный 319

Загрузка барабана остаточная 157
Зазубрины лезвия пробивной иглы - Параметры 247
Замасливатель - Толщина слоя на поверхности диска 306
Замок вязальной машины 208
- игольный 208 - Схема 221
- комбинированный 229
Заправка промывной роликовой машины "петля в петле" 182
Заработка детали на плосковязальной машине 226
- начальных рядов петель - Схема 225
Затягивание нити - Условия 329
Затяжка обуви 421
- металлическими крепителями 438
Звено передаточное кругловязальной машины 208
Зев жаккардовой машины - Параметры 107 - Регулирование 106
Зуб отбойный 207

Игла антиударная 206
- вязальная кругловязальной машины - Типы 206
- крючковая 206 - Схема перемещения 233
- пробивная 246
- составная 206
- трикотажная язычковая 546
Игла язычковая 206
- с боковым ширителем петли 229
Игловод 208
Иглы вязальные - Схемы положения в определенные моменты петлеобразования 222
- двухфонтурных машин 202
- к швейным машинам - Конструкция 367
Игольница - Материал 548
- плосковязальной трикотажной машины 547
Изделия игольно-платинные 208
Измельчение полимерных материалов 497 - Характеристика оборудования 498
- хрупких 498
Измерение длины ткани - Приемы повышения точности 176 - Схема устройства 345
- кожи - Автоматизированный участок 493
- ширины материала 347
Интенсивность воздействия игл гарнитуры на ткань - Кинематическая характеристика 167
- кардочесания в прядении лубяных волокон 15
- обезвоживания 538
- перемешивания механическими перемешивающими устройствами 505
- процесса крашения 192

Каландр 174, 511 - Производительность 513
- барабанный 254
- валичный 253
- гладильный 394
- с компенсацией прогиба вала 253
Каландрование 512
Камера обдувочная 304
- прессования 319
- прядильная 38, 39
- термофиксационная - Техническая характеристика 315
Канал желированный 526
Кардочесание 20 - Взаимодействие игл главного барабана и рабочего валика 156
Каретка конусно-навивочной чесальной машины 261 - Принцип действия 262
- льночесальной машины - Средняя скорость 143
- ремизоподъемная 100 - Техническая характеристика 101
- ровничной чесальной машины 28
Картон кожевенный - Производство 530
- рулонный - Производство 532
Катки для прокатки подошвенных кож 474
Катушка двухфланцевая перфорированная для льна 149
Кипоразрыхлитель 13
Клин кулирный 209
- кругловязальной машины 208
Клуп ширильной машины - Типы 172
Кожа - Реологическая модель 470- Свойства 470
- искусственная на рулонной основе 518
Колесо узорообразующее 213
Кольца прядильных и крутильных машин 36, 543
Компенсатор системы питания утком бесчелночных ткацких машин 130
Компенсация прогиба валков каландров 512
Комплекс настилочный полуавтоматический ПНК 348
- для подготовки машин к прядению 14
Комплексы измерительные 480
Конденсер очистительной линии 19
Кононд 33
Контроль игл - Устройства 21
- неисправностей и отказов при работе кругловязальной машины 216
- полотна 217
- процесса вязания на кругловязальных чулочно-носочных автоматах 224
- точности формы деталей тел вращения - Оптимизация числа измерений 571
Конфузор пневматической ткацкой машины 80
Коэффициент жесткости отделочных и сушильных цилиндров 310
- загрузки оператора при обслуживании кругловязальной машины 204
- использования кругловязальной машины во времени 204
- перехода волокон с главного на съемные барабаны 157
- пульсации потока дозирующего насоса 296
- степени стрижки 172
- фильтрации воздуха через кожевенный полуфабрикат 489
Кратность вытяжки полимерной нити 285
- чесания бородки гребнечесальной машины 158
Крашение гребенной чесаной ленты в клубках и навоях 191
- пряжи в паковках и навоях 191
Кромка детали - Линейно-кусочная аппроксимация на участке расширения 227
- закладная - Устройства для образования 119
- ленты - Схема образования вязанием уточной нити 93
Кулаки батанные ткацких станков 544
Кулачок механизма раскладки нити 328

Лезвие пробивной иглы 246

Лекало - Измерение площади 344
Лента - Процесс образования на бесчесальных ленточных машинах 91
- чесальной машины - Виды 22
Лентообразователь чесальной машины 22
Лентоукладчик машин прядильного производства 41 - Кинематическая схема 43
Линия заключительной отделки - Схема 194
- красильно-сушильная - Схема 194
- конструктивно-заправочная (КЗД) ткацкой машины 87
- очистительная с горизонтальным разрыхлителем 18
- полуавтоматическая для производства обуви клеевым методом 428
Линия поточная "кипа - чесальная лента" 15
- подготовки коротких льняных волокон 153 - Техническая характеристика 154
- для производства клееных нетканых полотен - Схема 250
- для производства клееных объемных полотен - Схема 251
- для фибриллирования пленки 259
Линия производства нетканых полотен способом термоскрепления 255
- термообработки углеродных волокон 340
Литье под давлением подошвы 431

Манекен паровоздушный 404
Манипулятор-съемник паковок 331
Материал валяльно-войлочный 260
Материал волокнистый - Сорные примеси 13
Материал нетканый - Иглопробивной способ производства 245
- клееный - Способы получения 249
- объемный - Получение 251
Материалы деталей 590
Маты пружинные - Проектирование 407
Машина аэродинамического способа текстурирования 286
- бескруточная пневмопрядильная 152
- бумагоделательная - Техническая характеристика 257
- валяльная многоваличная 268
- волососгонно-чистильная 450
- ворсовальная 165
- для выполнения зигзагообразных строчек - Техническая характеристика 376
- для выработки контурных деталей 225
- вязально-прошивная 242 - Производительность 245 - Типы 245
- гребнечесальная - Техническая характеристика 157
- двойльно-ленточная 460
- двухпрочесная односъемная 22
- двухфонтурная основовязальная 236
Машина жаккардовая (ЖМ) 101 - Выбор типоразмера и числа крючков 105 - Основные направления совершенствования 112
- двухподъемная - Кинематическая схема 102
- мельчайшего деления - Кинематическая схема 104
- однофонтурная 238
Машина игловорсовальная 166 - Техническая характеристика 170
Машина иглопробивная 245
- для предварительного иглопрокалывания 248
Машина измерительная с параллельным сканированием 481
- электронная 481
Машина кардочесальная льняного очеса 155
Машина кислотовочная для пропитывания основы войлоков валочными растворами 265
Машина кольцевая крутильная для получения химических нитей 279
Машина кольцевая прядильная для льна 35, 150
- мокрого прядения 151
- сухого прядения - Техническая характеристика 160
Машина контрольно-мерительная 176
- для контроля качества и измерения длины текстильных полотен 175
- кругловязальная - Косвенные характеристики 204 - Параметры эффективности технологии 204 - Техническая характеристика 203 - Типы 202
- круглосеточная для производства картона 535
Машина крутильная с веретенами двойного кручения 281
- однопроцессная 281 - Техническая характеристика 282
Машина крутильно-вытяжная 283
- крутильно-этажная для получения химических нитей 279
- ленточная - Классификация 91 - Технологическая схема 92
- лентоформирующая 155
Машина ленточная 34
- для льна 146
Машина литьевая 513 - Параметры 514
- льночесальная 140 - Техническая характеристика 142
- мездрильная - Техническая характеристика 449 - Ширина прохода 450
- мерильно-двойльно-накатная 177
- мерильно-резательная 349
- многогребеночная однофонтурная 237
- мокрого формования - Производительность 273
- молотковая 268
- намоточно-вытяжная 283
- наносная валковая 520
- обеспыливающая 19
Машина обметывающая - Группы 388
- одно-, двухмолотковая для получения валяльно-войлочных изделий 266
Машина основовязальная - Направления совершенствования 232 - Характеристика 231
- однофонтурная - Классификация 232
Машина отжимная с наборным валом 186
- валичная проходная 466
Машина отжимно-разводная - Сила прижатия между отжимными валами 458
- папочная 531
- для переводной печати - Схема 189
- перемоточная 287 - Техническая характеристика 288
Машина печатная 186
- с гравировальными валами - Схема 187
- ротационная - Техническая характеристика 189
Машина плетельная 238
Машина плосковязальная 224 - Классификация 225
- перчаточная - Набор петлеобразующих деталей 227
Машина плоскосеточная для получения картона 532
- пневмопрядильная 61
Машина промывная с вертикальной заправкой ткани 180
- с горизонтальной заправкой ткани 182
- роликовая 180
Машина прядильная пневмомеханическая 164
- самокруточная - Техническая характеристика 165
Машина разбивочная 473
- разводная 451 - Техническая характеристика 449
- разрывно-смешивающая 162
Машина раскладочная - Типы 144
- автоматическая 145
Машина раскройная передвижная - Техническая характеристика 358
Машина раскройно-ленточная 351
- стационарная 354
Машина резальная 287
- для производства химических нитей и волокон 335
Машина ровничная 28 - Схема 29
- для льна 149 - Техническая характеристика 150

Машина рубильная 484
- свойлачивающая универсальная - Схема 262
- смесовая многокамерная 17
- сновальная 65
- стригальная 483 - Схема 171
- строгальная 450 - Техническая характеристика 449
- сушильная барабанная 189
- сушильно-ширильная 173
- сушильно-ширильно-стабилизационная однопольная 174
Машина текстурирующая 285 - Основные направления развития 287
- для полиамидной нити - Техническая характеристика 286
Машина ткацкая - Классификация 68
- бесчелночная - Виды 72 - Конструктивные особенности 87 - Уровень шума 73
- гидравлическая 81 - Отсос воды из ткани 88
- с малогабаритными нитепрокладчиками 84
- многофазная (многозевная) ТММ 90
- пневматическая 80 - Схема управления и контроля 79
- пневморапирная 81
- рапирная 83 - Основные направления совершенствования 83
- специальная - Классификация 94
Машина тростильно-крутильная - Схема 280
Машина тянульно-мягчильная - Техническая характеристика 471
- вибрационная 472
Машина формовочная - Типы 271
- высокоскоростная 277
- для получения нитей из расплавов полимеров - Техническая характеристика 278
Машина челночная швейная 362
Машина чесальная 482 - Направления развития 28 - Техническая характеристика 157
- валичная 21
- гребенного прядения 22
- шляпочная 20 - Основные рабочие органы 25
Машина швейная автоматизированная - Группы 391
Машина швейная стачивающая 380
- многониточного цепного стежка 385
Машина швейно-обметочная - Циклограмма 389
Машина ширильная 172
- цепная 173
Машина шлифовальная 476
- шлихтовальная 67
Машины кожевенные - Механизмы и устройства 452 - Размерные ряды 448
- отделочные, агрегатированные в поточные линии 194
- для производства валяльно-войлочных изделий 260
- для производства льняной пряжи мокрым способом - Пути совершенствования 152
- прядильного производства - Классификация 13
Мездрение шкур - Механизированные участки 490
Мельницы струйные с размольными камерами 500
Метод кручения нити бескольцевой 279
- кольцевой 279
Механизм батанный 71
- бесчелночной ткацкой машины 88
- пневматической ткацкой машины 89
Механизм боевой ткацкой машины СТБУ 87
- впрыска с поршневой и червячной пластификацией 517
- вышибателя 136
- вязальный кругловязальной машины 206
- замыкания пресс-формы 517
- заточной ножа 356
- зевообразовательный 99
- компенсации уточной нити одноцветной ткацкой машины 130
- кривошипно-ползунный 363
- кромкообразующий - Кинематическая схема 120
- крутильно-мотальный 279
- мотальный 51 - Математическая модель 55
- накопления и транспортирования нити 308
- намотки рычажно-цепной - Особенности 53
- останова автоматизированной машины 391
- отклонения маятникового типа 377
- оттяжки полотна 214
- для перемещения обрабатываемых изделий 375
Механизм питания кольцепрядильной машины 35
- утком бесчелночных ткацких машин 128
Механизм плоский кулачковый с роликовым коромыслом 58
Механизм подачи нитки 372 - Типы 375
Механизм подающий - Классификация 456
- кожевенной машины - Структурные схемы 459
Механизм подъема и опускания основных нитей жаккардовой машины 105
Механизм прижима 196
- валов каландра 175
Механизм разгона ткацкой машины 137
Механизм раскладки нити 279, 325
- с круговым движением нитеводительных дисков 330
Механизм ремизного движения (МРД) 99
- ремизообразовательный 68
- создания рисунка жаккардовой машины 105
- рычажно-цепной - Алгоритм расчета 57
Механизм смены уточной нити (МСУ) 133
- нитей 210
- шпуль (МСШ) 135
Механизм среднего боя башмачного типа 69
- тканеформирующий многозевенной ткацкой машины 90
- товарный (ТМ) жаккардовой машины 112
- товароприемный 239
- транспортирующий валковый 455
Механизм узлообразующий кругловязальных машин 212
- электронный 213
Механизм управления кругловязальной машины 215
- ровничной машины 29
Механизм уточной вилочки (МУВ) 135
- челнока 369
Механизмы игл 363
Мешалка 441 - Определение полезного момента сопротивления на валу 442
- лопастная 505
Модели математические точности технологических операций 549
- процессов 553
Модуль петлеобразующих систем кругловязальной машины 203
Моменты процесса петлеобразования 222
Мочкоуловитель 161
Муфта приводного устройства ткацкой машины 139
- тормозная 528
Мягчение (тяжка) кожи 469

Надежность технологическая процесса вязания 205
Навой жаккардовой машины - Частота вращения 112
Наматывание нити - Схема 52
Намотка нити - Условия 279
- ровницы 28
Нанесение грунта щетками 479
- замасливателя на нить контактным способом 306
- покрытий гравитационными способами 522
- покрытия на подложку с помощью ножа 523
Насос дозирующий шестеренный - Классификация 292 - Основные параметры 294
Настил 347
Настройка игловорсовальной машины - Начальный режим 168

- основных органов ворсовальных машин - Система 169
Натяжение нити входное в зону петлеобразования 205
- при вязании на плосковязальных машинах 229
Натяжное устройство жаккардовой машины 113
Неравномерности подачи дозирующего насоса 296
Неровнота ворса 172
Нитевод 207
Нитеводитель - Перемещение 64
- сменный 332
Нитенаблюдатель 216
Нитенакопитель 129
Нитенаправитель роликовый 208
Нитенатяжитель - Виды 64 - Типы 66
Нитеноситель 319 - Техническая характеристика 321
Нитеподача плосковязальной машины 230
Нитепритягиватель 362
Нитепрокладчик малогабаритный 85
- ткацких машин с жесткими рапирами 83
Нитераскладчик 212
Нить уточная - Схема прокладывания на пневматической ткацкой машине 80 - Схема прокладывания на пневматической ткацкой машине 81 - Схема прокладывания на ткацкой машине с жесткими рапирами 83 - Схема прокладывания на машине с малогабаритным нитепрокладчиком 86
Нить химическая - Получение 271
- многокруточная - Типы машин для ее получения 280
- троценая 280
Нож - Схемы взаимодействия с полуфабрикатом кожевенных машин 452
Нож дисковый вращающийся 290
- раскройной машины 361
Нож ленточный - Размеры 355 - Схема нагружения 464
- для нанесения покрытий 524
- подвижный 352 - Схема действия сил 353
- спиральный 17 - Схема взаимодействия с полуфабрикатом 453

Обечайка металлическая - Расчет 447
Обогрев материала 527
Оборудование для измельчения полимерных материалов 497
- для отделки волокон, чесаной ленты и пряжи в мотках, паковках и навоях 191
- отделочное 165 - Основные рабочие органы 195
- для печатания текстильных материалов 186
Оборудование раскройное - Направления совершенствования 361
- для получения заготовок обуви 409
Оборудование текстильное - Перспективы развития 548
Обработка влажно-тепловая материала - Основные параметры 393 - Структура оборудования 395
- полотна 183
Обработка волосяного покрова меховых шкурок 482
- голья 491
- полуфабриката 475
Обувь цельноформованная - Литьевой метод получения 430
Ограничитель кольцевой кольцепрядильной машины 37
Органы опорные рабочие 395
- формировочные плетельной машины 239
Основонаблюдатель(ОН)механический 135
Остов кругловязальной машины 215
Останов уточный пьезоэлектрический 135
Отвод ткани в жаккардовой машине - Схема 112
Отделитель тяжелых частиц 18
Отделка мокрая текстильных материалов 177
Отжим валичный 465
Откатка меховых шкур 470
Отклонение формы цилиндрических деталей 568
Оттяжка петель на кругловязальных чулочно-носочных автоматах 223
- полотна на плосковязальной машине 226
Отходы волокнистые и твердые - Переработка 341
- производства - Устройство для плавления 342
Очес 140
Очистка волокон 14

Паковка - Расчет параметров 52 - Форма 52
Палец ползуна 363
Параметры технологического процесса - Оптимизация допусков 556
Патрон нитеносителя 319
- фигурный конусно-навивочной каретки 262
Передача дифференциальная ровничной машины - Силовой расчет 34
- фрикционно-дифференциальная к ворсующим валикам - Характер распределения сил, моментов, мощностей 167
Перематывание пряжи 64
Перемещение игл - Схема 234
- пластин - Схема 235
- пресса - Схема 234
- ушковин - Схема 234
Перемотка нити - Средняя скорость нити для конических паковок 287
Переплетение ниток в стежке челночное 369
Перетяжка нити 210
Петлители - Проектирование 390
Печать переводная - Способы 188
Питание утком с нитенакопителя 129
Планка гребенная 45, 142
Пластикация материала 514
Платина - Схемы положения в определенные моменты петлеобразования 222
- для кругловязальной машины 207
Плетение 238
Плита мягчильная - Нагрузка 473
- рабочая свойлачивающей машины - Расчетная схема движения 263
Плоскость отбойная 220
Плотность игл проекционная 247
- линейная нитей кругловязальной системы 204
- по утку - Регулирование на жаккардовой машине 115
Плюсовка 177 - Конструктивные и технологические параметры 180
Пневмопривод рычажно-эксцентриковых систем - Эффективность 197
Пневмоткачество 62
Поверхность ворсовая - Качество 172
Погрешность обработки - Оценка систематической и случайной составляющих 579 - Поле рассеяния 575
Подача игольной нитки - Диаграмма 373
- кинематическая шестеренного насоса с нормальным боковым зазором 296
- нитки (расход) 373 - Расчет 383
Подмот паковки 52
Подналадка технологической системы - Определение времени 583
Подушки прессов 396
Покров ворсистый 165
Полотно пляпочное 25
Полуавтомат пуговичный 391
- свойлачивающий 264
Полуфабрикат волокнистый - Предварительное уплотнение (свойлачивание) 262 - Формирование 260
- кардочесания 20
- кожевенный и меховой 464
Преобразователь прочеса - Техническая характеристика 241

- горизонтального типа механический 240
Пресс гладильный 394 - Требования 403
- Пашке для получения картона 530
- для приклеивания подошв 425
- для упаковки волокон в кипы 336
- электрогидравлический для вырубания различных деталей обувного производства 410
Прибор вытяжной 44, 148
- с гребенными барабанчиками 45
- кольцепрядильной машины мокрого прядения льна 151
- ленточной машины 44
- одноремешковый 46
- с плоскими гребнями 45
- прядильной машины сухого прядения льна 161
- ровничной машины 32
Прибор оптико-электронный искусственного зрения 217
Привод батанного механизма бесчелночной ткацкой машины 88
- гибких рапир 84
- джигера - Схема 183
- жаккардовой машины 105
- жестких рапир 84
- кругловязальных чулочно-носочных автоматов - Функции 223
- нитеподающих устройств 212
- ножевых рам жаккардовой машины - Переналаживаемые параметры 108
- петлеобразующих и исполнительных органов трикотажных машин 208
- поточных линий отделки 194
Привод пресса - Классификация 397
- пропиточной машины - Типы 181
- рапир 82
- утюжильной установки 397
- фрикционного каландра - Кинематическая схема 176
Приготовление смеси на вальцах 509
Прижим ленточный 455
Приклеивание подошв 425
Пристрачивание подошв 436
Производительность теоретическая кругловязальной машины 204
- экструдера 291
Производство валяльно-войлочное 22
- льняной пряжи - Технологические цепочки 141
- нетканых материалов 239
Прокатка искусственной кожи 470 - Автоматизированный участок 492
- кожи на катке 475
Пропитка полотна 177
- при получении искусственной кожи 518
- холста методом печати 251
Процессы программируемые на кругловязальных машинах-автоматах 215
Прочес 240
Прочесыватель предварительный 24
Прядение аэродинамическое 40
- безверетенное 38
- пневматическое 40
- пневмомеханическое 38, 165
- полумокрое 150
- сухое 150, 160
Пряжа - Подготовка к ткачеству 64
- льняная малой плотности 155
Пухообдуватель 38
Пухообдуватель-сборщик самоходный 162
Пухоочистка - Системы 217

Разборщик кипоразрыхлителя 14
Разбраковка материалов 345
Размол волокнистых материалов 502
Размер зева (расстояние между игольницами) 205
Разрезание жгута 289
Разрыхление волокон 13
Ракля 523
Рама горизонтальная холстоформирующая 260
- ножевая двухподъемной жаккардовой машины - Расчетная схема 107
Рапира ткацкой машины 81
- гибкая 83
жесткая - Схема раскрытия зажимов головок 84
Раппорт 377
Раскрой - Катковый способ 349 - Лучевой способ 350 - Плазменный способ 350 - Резание струей жидкости 350 - Способы в швейном производстве 349 - Ультразвуковой 351 - Штамповка 350 - Электроискровый 351
Распределение сил, моментов и мощностей 167
Регулирование процесса ворсования - Типы контрольно-измерительных устройств 169
- скорости на кольцепрядильных машинах 37
Регулятор натяжения нитки комбинированный 383
- с внешним сопротивлением 383
- пластинчатый 382
- стоечный 383
- тарелчатый 383
Регулятор основной (ОР) жаккардовой машины 112
- непрерывного действия ткацкой машины 116
Режим вязания на двухфонтурной кругловязальной машине - Параметры 205
Резание материала ТВЧ 350
- электротермическое 351
Резание наклонное 335
Резание нормальное 335
- скользящее 335
Резерв паковки 52
Релаксация кожи 471
Ремизка - Закон движения 100 - Размах движения 100
Решетка плавильная 290
Ровница - Условие правильной намотки 31
Ролик тканенаправляющий 196
Ротор смесителя 508

Самовес 22
Сила оттяжки полотна 205
- полезного сопротивления кругловязальной машины 215
-прижатия транспортирующих валов 456
- прорубания пресса 410
Система автоматического выравнивания линейной плотности ленты чесальной машины 27
- нитеподачи 211
- нитеподводящая кругловязальной машины 210
- петлеобразующая вязально-прошивной машины 242
- приготовления, дозирования и подачи растворов 495
- прядения оческовая 151
- увлажнения и отсоса пара при обработке материала 402
Система управления автоматизированная производством (АСУП) кожевенного завода 494
- технологическими аппаратами 495
Смена шпуль барабанного типа челночной ткацкой машины - Автоматизирующее устройство 136
Скало натяжного устройства жаккардовой машины 113
Скорость ворсования 168
- эффективная 167
Скорость нити линейная в кругловязальной машине 204
- укладки ленты в таз 44
Смеситель барабанный 503
- валковый 508
- предварительный 16
- роторный 507
- для сыпучих материалов - Характеристика 504
- центробежный 503

- червячный 510
Смеска шерстяная 22
Смешивание волокон 14
Сопло эстафетное для прокладывания уточной нити 80
- всасывающее системы мычкоуловителя 161
Сортировка голья 491
- кож хромового дубления - Автоматическая линия 493
Способ бумагоделательный 256
- пропитка - Получение плоских нетканых материалов 250
- термоскрепления - Получение нетканых материалов 252
- фильерный - Получение нетканых материалов 257
- покрывного крашения 479
Способность захватывающая рабочего валика чесальной машины 156
Стабилизаторы-накопители 211
Стакан транспортирующего диска - Параметры 312
Станок промерочно-браковочный 346
Станция тянульная пятивалковая 529
Стежки цепные - Типы 379
Стежок - Процесс образования 381
Степень очистки волокон 13
- трепания волокон 14
Стол утюжильный 402
Стрепга 281
Строчка зигзагообразная - Виды 377
- обметочная 379 - Схема образования 388
- потайная 379
- специальная 379
- стачивающая 378
- цепная - Образование 386
Структура льняной пряжи с нулевой круткой 153
- процесса вязания на кругловязальной машине 204
Сушилка барабанная 467
- конвективная 467
- контактно-вакуумная 467
- ТВЧ 469
- терморадиационная 469
Сушка кожевенного и мехового полуфабриката 466
- листового картона 531
- рулонных материалов 526
Сушка и отделка чепраков - Автоматизированная линия 492
Схват вакуумный 489
- механический 488
Сырье лубяное 140

Тело мелющее 499
- намотки ровницы 28
Термообработка волокнистых холстов 252
Термоскрепление волокнистых холстов - Конвективный способ 255
Термофиксация 192
Тиски раскладочной машины 146
Толкатель - передаточное звено кругловязальной машины 208
Тормоз уточный 132
Точность механической обработки - Управление 587
Точность размеров и формы деталей типа дисков 562
- цилиндрических деталей 565
Точность технологическая кругловязальной машины 205
Траверса пресса для вырубания деталей обувного производства 411
Траектория движения рабочих органов кругловязальных чулочно-носочных автоматов 221
- платин 223
Транспортировка материала в канале на воздушной подушке 526
Трафление печатных валов 186
Трепание волокон 14
Трубка формовочная - Параметры 301
- вертикальная 303
- горизонтальная 301
- V-образной формы 303
Турель 345

Увлажнение и тяжка кожи - Автоматизированный участок 493
Угол перемещения замков платин 223
Укладка ленты в таз - Способы 42
Укладчик загрузочный 485
- разгрузочный 486
Уплотнение предварительное волокнистого полуфабриката 264
Управление жидкостными процессами автоматизированное кожевенного производства 494
- электромагнитными устройствами отбора игл 224
Установка для автоматической смены тазов 44
- барабанная сушильная 255
- обеспыливающая 477
Устройства для автоматического смазывания 218
- вспомогательные пухоудаления и смазывания 217
- загрузочно-разгрузочные 485
- захватные 488
- для измерения длины материала - Требования 346
Устройства контролирующие (КУ) и автоматизирующие (АУ) 135
- ложного кручения 317
- намоточные 527
Устройства нитеподающие 211
- активного действия 24
- дозированной подачи 24
Устройства для обезвоживания массы 537
- для подачи нитей основы и наполнения плетельных машин 239
- перемешивающие - Характеристика 506
- прижимные 453
- резальные 333 - Классификация 334
- съема паковок и установки нитеносителей 333
- текстурирующие 316
- транспортно-ориентирующие 486
- для формирования волокнистых полуфабрикатов, войлочных кругов 261
- формирующие цилиндровые 534
- центрирующие - Типы конструкций 529
Устройство вытяжное 313 - Характеристика 313
- плетельной машины 239
Устройство замасливающее 276, 305
- щелевое 307
Устройство заточки ножа 360
- крутильное аэродинамическое - Определение момента 153
- ленгоулавливающее - Расчет 358
- нагрузочное вытяжного прибора 47
- наносное 524
- направляющее игольницы 249
- напускное 536
- натяжения и отвода полотна из зоны вязания 214
- натяжное 113 - Расчет 357
Устройство отжимное 178, 184 - Конструктивные и технологические параметры 185
Устройство отжимное с регулируемой неравномерностью отжима 179
Устройство отмеривающее 129
- питающее шляпочной чесальной машины 24
- плавильное 290
- приводное 137
Устройство приемно-намоточное 276
- высокоскоростной формовочной машины 277
Устройство пропиточное 519
- рандомизирующее 240

- ремешковое однозонного вытяжного прибора 152
- смены нитей 210
- товароприемное для формирования паковки полотна 214
- тормозное ткацкой машины 139
- челночное 371
- фильтровальное для формирования растворов и расплавов 296
- формовочное 275
Устройство холстоформирующее аэродинамическое 241
- механическое 240
- фильерное 242
Устройство челночное - Взаимодействие деталей 372
Утюги 394
Участок подготовительный швейного производства - Структурная схема 344

Фильера 298 - Параметры 299 - Схемы расположения в обдувочной камере 305
Фильтр-палец - Расчетные параметры 297
- стационарный 297
- с тканевым фильтровальным материалом 296
Формирование волокнистых полуфабрикатов (см. полуфабрикат волокнистый)
- кромки ткани - Способы образования 119
- скоростное синтетических нитей - Варианты 276
Формование деталей обуви 417
- комплексных нитей 336
- нитей высокоскоростное 277
Форсунка аэродинамическая 318
- пневмоэжекторная 479
Фрезерование уреза подошв обуви 413

Ход иглы - Схема для определения 367
Холст 239 - Поверхностная плотность 241
- волокнистый - Термосклеивание 254
- с продольной ориентацией волокон 260
Холстообразователь чесальной машины 22

Центр удара молотка одномолотковой машины для валки валяльно-войлочных изделий 266
Центрифуга мехового производства 465
Центрифугирование кожевенного и мехового полуфабриката 465
Цепь клушная 172
Цикл кардочесания 157
- кинематический основовязальной машины 235
- петлеобразования 235
Циклограмма движения петлеобразующих органов 235
- работы гребнечесальной машины 159
Циклон установки для закладки основы войлочных кругов 261
Цилиндр вытяжной 151
- прядильной машины 544
Цилиндр делительный чесальной машины 28
- игольный 202 - Диаметр 203 - Частота вращения 204
- нитеподающий 212
- обогреваемый полый - Эффективность работы 196
- отделочный 310
- питающий 151
- сушильный 310
Циркуляция воздуха в барабанной сушильной установке 255

Чаша иглы 221
Чан-баркас 441
Челнок - Определение оптимальных размеров 371 - Характеристика для автоматических машин со сменой шпуль 70
- вращающийся 370
- колеблющийся 371
Червяк - Длина хода 516
- смесителя 510
- экструдера - Параметры 291
Чесание льна 140
Число игл в игольнице кругловязальной машины 203
- кручений ровницы в процессе ее вытягивания 151
- петлеобразующих систем кругловязальной машины 203
- цветов по утку 68

Шаблон сетчатый печатной машины 187
- для фасонной стрижки 188
Шаг гребней ленточных машин 147
- ровничных машин 150
Шаг игольный 242
- пространственной спирали механизма накопления нити 308
- рабочих мест формовочных машин 278
Шатер джигера 184
Шахта обдувочная 304
- формовочная 303
Швоуловитель стригальной машины 170
Шероховатость рабочей поверхности кольца прядильной машины 543
Ширение 172
Ширитель петли боковой 228
- специальный 176
Шкив ведущий ленточного ножа 463
Шкурка меховая - Основные операции по обработке волосяного покрова 482 - Разбивка кожевой ткани 474
Шлифование деталей низа обуви 413
Шляпки 25
Шнек - Расчет производительности и частоты вращения 291
Шнур аркатный (аркат) 104
Шпанрама 526
Шпиндель веретена - Расчет 50
Шпуля прядильная 65
Шпулярник 66
- кругловязальной машины 210
- крутильно-вытяжной машины 283
- для непрерывного сматывания нити 129
Штамповка материала 350
Штанга металлическая для подвешивания мотков пряжи 191

Щель замасливающего устройства 307
Щуп, контролирующий уровень волокон в формирующем бункере 154

Экструдер - Техническая характеристика 292
- обогреваемый для плавления гранул 275
- одночервячный для переработки полимера 290
- для плавления отходов 342
Экструзия пленки из высокополимеров с последующим ее расщеплением 260
Элеватор цепной 348
Электроверетено 324
Электропривод - Условия работы 198
- кругловязальной машины 214
Элементы, контактирующие с нитью - Основные требования 216
- нитеподающих устройств 223
Энергозатраты в жаккардовой машине 109
- для различных способов формования нити 277
Эпилирование шкурок 482
Эффективность обезвоживания полотна 184
- работы размольных мельниц 502

Язычок иглы 92, 206 - Контроль 217
Ячейки отсасывающего вала 539
Ящик напорный столовосеточной машины 536

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Мартынов Иван Антонович, Прошков Алексей Федорович,
Яскин Анатолий Петрович и др.

МАШИНОСТРОЕНИЕ. ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

Том IV–13

Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности

Лицензия ЛР № 080003 от 12.09.96 г.

Редакторы: **И.И. Лесниченко, З.М. Рябкова**

Оформление художника **Т.Н. Погореловой**

Художественный редактор **Т.Н. Галицына**

Корректор **Л.Г. Изосимова**

Инженеры по компьютерному макетированию **М.А. Евсейчева, Е.А. Елизарова, М.Н. Рыжкова**

Сдано в набор 9.07.97 г. Подписано в печать 30.11.97 г. Формат 70×100/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times ET. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 49,40. Усл. л. кр.-отт. 49,40. Уч.-изд. л. 60,87.
Тираж 1100 экз. Заказ **2163**.

Издательство "Машиностроение",
107076, Москва, Б-76, Стромынский пер., 4

Оригинал-макет подготовлен в издательско-полиграфическом центре
Тамбовского государственного технического университета
392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112, корп. Б

Отпечатано в АООТ "Политех-4"
129110, Москва, ул. Б. Переяславская, 46