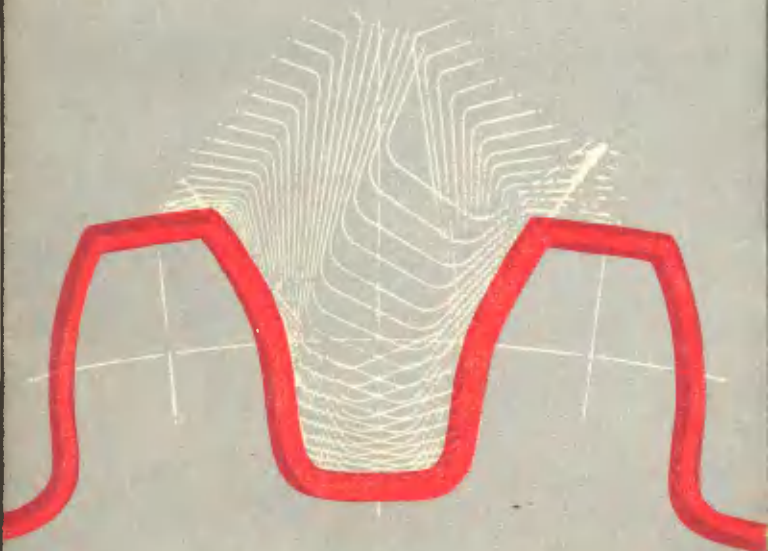


ПРОФТЕКОБРАЗОВАНИЕ



ОБРАБОТКА РЕЗАНЦЕМ

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЗУБОРЕЗЧИКА



ББК.34.642
С 36
УДК 621.791.94

Справочник рекомендован
к изданию Государственным комитетом СССР
по профессионально-техническому образованию

Рецензенты: канд. техн. наук Трофимова Е. И.,
инж. Кириллов Ю. И.

Сильвестров Б. Н.
С 36 Справочник молодого зуборезчика: Учеб. пособие
для техн. училищ. — М.: Высш. школа, 1981. — 199 с.,
ил. — (Профтехобразование. Обработка резанием).
60 к.

В книге приведены основные технические данные современных зубообрабатывающих станков отечественного производства, даны сведения об используемом зуборезном инструменте, а также рекомендации по режимам зубообработки, рассмотрены методы контроля зубчатых колес.

С 31207—421 — 81—81 2704040000

052 (01) — 81

6П4.3
ББК 34.642

ПРЕДИСЛОВИЕ

Решениями XXVI съезда КПСС на ближайшие годы поставлена задача предусмотреть опережающее развитие машиностроения и металлообработки, увеличить выпуск продукции машиностроения и металлообработки не менее чем в 1,4 раза, а также повысить технический уровень и качество продукции машиностроения, средств автоматизации и приборов, значительно поднять экономичность и производительность выпускаемой техники, ее надежность и долговечность.

Это в конечном счете вносит свой вклад в задачу обеспечения дальнейшего социального прогресса нашего общества, осуществления широкой программы повышения народного благосостояния.

Большое место в обеспечении выполнения этой задачи отведено станкостроению, которое играет ключевую роль во всех отраслях машиностроительного производства. Только на основе использования современных высокопроизводительных станков можно добиться ускорения роста производительности труда, экономии металла и повышения качества продукции в целом.

Одним из важных элементов каждого станка и машины являются зубчатые передачи, от качества изготовления которых во многом зависит качество получаемой со станка продукции, а также надежность и долговечность работы самого станка и механизма. Изготовление зубчатых передач представляет одну из сложных и трудоемких операций производства. Ежедневно в нашей стране изготавливают около полумиллиона зубчатых колес самого различного размера и назначения. Такое широкое распространение зубчатых передач предъясняет повышенные требования к экономичному их использованию, увеличению срока службы и надежности.

Чтобы изготовить зубчатое колесо высокого качества, зуборезчик должен в совершенстве знать устройство и наладку современных зубообрабатывающих станков, владеть передовыми методами изготовления зубчатых колес, грамотно осуществлять технологический процесс и уметь устранять причины отклонений от заданного качества изготавливаемой продукции.

Настоящий справочник призван помочь молодому зуборезчику повысить свои профессиональные знания в вопросах зубообработки.

В справочнике приведены основные технические данные современных зубообрабатывающих станков отечественного производства, даны сведения об использовании зуборезном инструменте, а также рекомендации по режимам зубообработки. Сведения о контроле зубчатых колес позволяют правильно оценить результат труда зуборезчика.

Материал справочника дан с учетом действующих по состоянию на 1 января 1980 г. Государственных стандартов, нормалей машиностроения и общесоюзных нормативов.

Справочник предназначен для молодых зуборезчиков, обучающихся в профессионально-технических училищах и системе индивидуального обучения на предприятиях, а также для молодых зуборезчиков, работающих на производстве, мастеров и наладчиков зубообрабатывающих станков.

ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗУБЧАТЫХ КОЛЕСАХ И ЗУБОНАРЕЗАНИИ

§ 1. Виды зубчатых передач

Зубчатые передачи, используемые в различных механизмах и машинах, делятся на цилиндрические, конические, смешанные и гиперболоидные. Цилиндрическая зубчатая передача служит для передачи вращения между параллельными осями и выполняется с колесами внешнего (рис. 1) или внутреннего зацепления

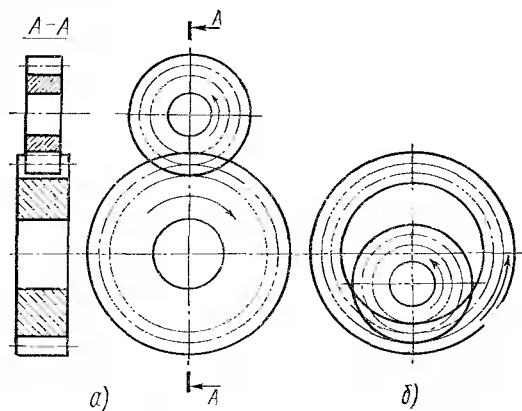


Рис. 1. Цилиндрическая зубчатая передача:
а — внешнего зацепления, **б** — внутреннего зацепления

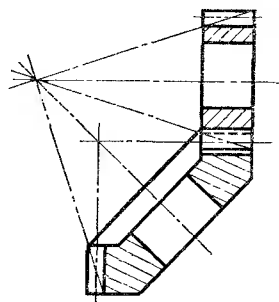


Рис. 3. Смешанная коническая передача

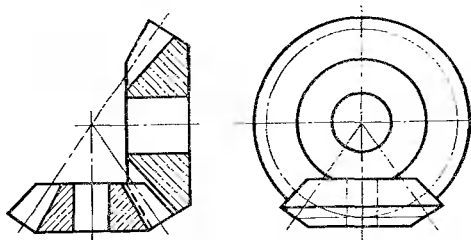


Рис. 2. Коническая зубчатая передача

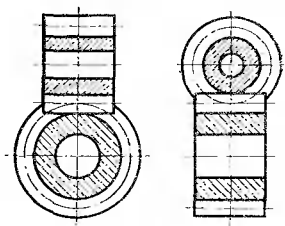


Рис. 4. Винтовая зубчатая передача

ния, которые в зависимости от расположения зубьев на венце делятся на прямозубые, косозубые и шевронные. Коническая зубчатая передача (рис. 2) применяется для вращения валов с пересекающимися осями. Зубья колес этой передачи могут быть прямыми, косыми и круговыми. Смешанная коническая передача состоит из конического и цилиндрического колеса, оси которых пересекаются, как показано на рис. 3.

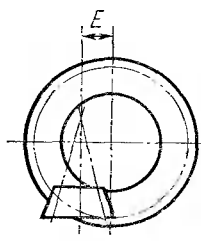


Рис. 5. Гипоидная зубчатая передача

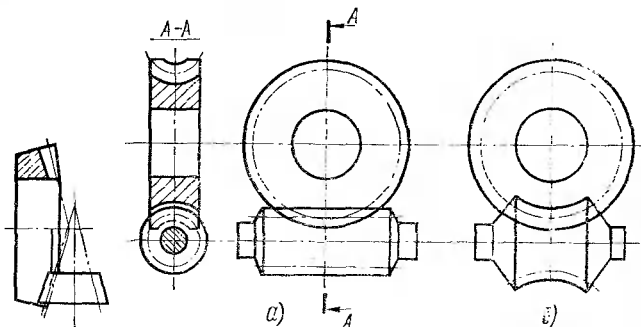


Рис. 6. Червячная передача:

а — с цилиндрическим червяком, б — с глобоидным червяком

К гиперболическим передачам относятся передачи со скрещивающимися осями. Различают гиперболические передачи первого и второго рода. К гиперболическим передачам первого рода относятся винтовая зубчатая передача (рис. 4), состоящая из цилиндрических колес, и гипоидная зубчатая передача (рис. 5), состоящая из конических колес. К гиперболическим передачам второго рода относятся червячная передача (рис. 6), состоящая из червяка (цилиндрического или глобоидного) и червячного колеса, а также спиральная передача (рис. 7), состоящая из конического колеса и шестерни, имеющей винтовые зубья.

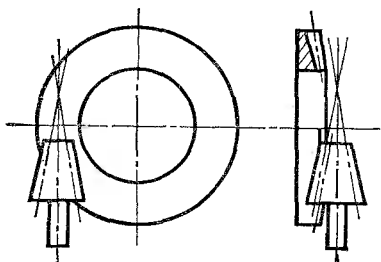


Рис. 7. Спиральная передача

В передаче зубчатые колеса с меньшим числом зубьев называют «шестерней», а с большим числом зубьев «колесом». При одинаковом числе зубьев зубчатых колес в передаче «шестерней» называется ведущее зубчатое колесо, а «колесом» — ведомое.

Отношение чисел зубьев колеса к числу зубьев шестерни называется передаточным числом и обозначается буквой u .

Передаточное число всегда больше единицы или равно ей:

$$u = \frac{z_{\text{кол}}}{z_{\text{шест}}} > 1.$$

Для расчетов кинематических цепей станков применяют понятие передаточное отношение зубчатой передачи или совокупности передач (кинематической цепи), определяемое выражением

$$i = \frac{n_{\text{вых}}}{n_{\text{вх}}} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \dots \frac{z_{k-1}}{z_k},$$

где $z_1, z_2, z_3, \dots, z_k$ — число зубьев соответственно 1, 2, 3, ..., k -го колеса; $n_{\text{вых}}, n_{\text{вх}}$ — частота вращения соответственно на выходе ($n_{\text{вых}} = n_k$) и на входе ($n_{\text{вх}} = n_1$) передачи. Следовательно, для ускоряющей передачи $i > 1$, для замедляющей $i < 1$.

§ 2. Эвольвентное зацепление зубчатых колес

В зависимости от формы кривых профиля зуба различают три вида зацепления зубчатых колес: эвольвентное, Новикова и циклоидальное. В машиностроении применяют в основном зубчатые колеса с профилем зуба, образуемым двумя симметричными эвольвентными кривыми. Эвольвентой (рис. 8) называется кривая, которая описывается точкой A , принадлежащей прямой линии $K-K$ при ее обкатывании без скольжения по окружности диаметра d_b . В эвольвентном зацеплении двух зубчатых колес (рис. 9) окружность, по которой обкатывается прямая при образовании эвольвентного профиля зуба, называется основной окружностью сопряженных колес обозначаются d_{b1} и d_{b2} . Прямая NN , общая касательная к основным окружностям, является линией зацепления обеих эвольвент, а ее отрезок между точками касания называется длиной линии зацепления и обозначается g . Прямая, соединяющая центры двух сопряженных зубчатых колес, называется межосевой линией, а длина отрезка между их центрами O_1 и O_2 называется межосевым расстоянием зубчатой передачи и обозначается a_w . Точка P пересечения межосевой линии и линии зацепления называется полюсом зацепления. Окружности, проходящие через полюс зацепления, называются начальными окружностями; их диаметры обозначаются d_w . Острый угол между линией зацепления NN и прямой, перпендикулярной межосевой линии, называется углом зацепления и обозначается α_{tw} . При вращении зубчатых колес ножка зуба ведущего колеса, обозначенного на рис. 9 стрелкой, вступает в контакт с зубом ведомого колеса в точке 1. Затем точка касания сопряженных профилей перемещается по линии зацепления и в точке 2 выходит из контакта. Отрезок 1—2 называется активной линией зацепления и обозначается g_a .

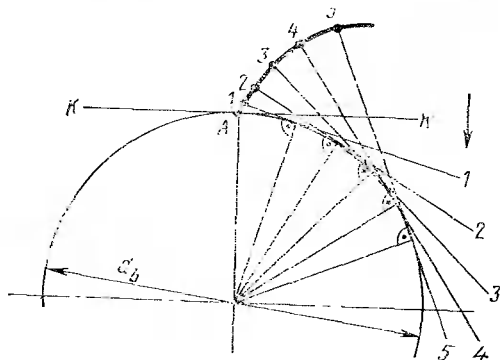


Рис. 8. Образование эвольвенты

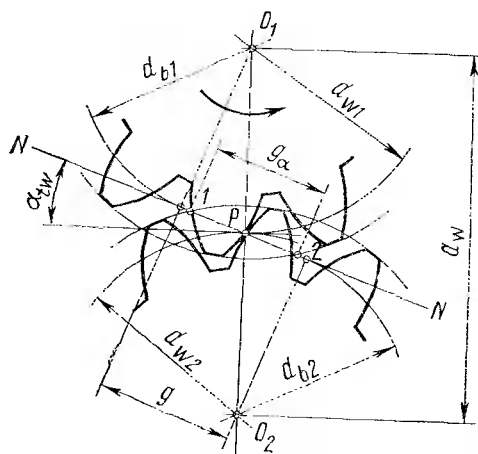


Рис. 9. Эвольвентное зацепление зубчатых колес

При обработке зубчатых

колес по методу обката режущие кромки инструмента последовательно занимают положение, соответствующее профилю сопряженной с обрабатываемым колесом зубчатой рейки (например, нарезание червячной фрезой) или колеса (например, нарезание цилиндрическим долбяком). Поэтому для определения размеров зубчатых колес использована зубчатая рейка, с которой связано понятие «исходный контур». Исходным контуром называется контур зубьев исходной зубчатой рейки в сечении плоскостью перпендикулярной ее делительной плоскости. В СССР за основной принят исходный контур с углом профиля 20° . Основной величиной, характеризующей размеры зубчатого колеса, является модуль, обозначаемый буквой m . Модуль — это линейная величина, в π раз меньшая шага зацепления P — расстояния между одноименными профилями зуба зубчатой рейки:

$$m = \frac{P}{\pi}; \quad P = \pi \cdot m.$$

Размерность модуля такая же, как и шага зацепления, т. е. мм.

На рис. 10 приведен исходный контур цилиндрической зубчатой эвольвентной

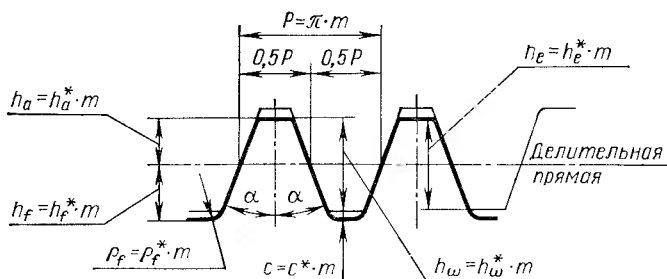


Рис. 10. Исходный контур эвольвентной цилиндрической зубчатой передачи

передачи в соответствии со стандартом СТ СЭВ 308—76, который устанавливает следующие его параметры и коэффициенты:

угол главного профиля $\alpha = 20^\circ$,

коэффициент высоты головки $h_a^* = 1$,

1. Коэффициенты радиального зазора в паре исходных контуров зубчатых передач

Тип передачи	Модуль	Стандарт на исходный контур	Коэффициент радиального зазора c^*
Цилиндрическая	1 мм и менее	ГОСТ 9587—61	0,35
Цилиндрическая эвольвентная	1 мм и более	ГОСТ 13755—68, СТ СЭВ 308—76	0,25
Коническая	1 мм и менее	ГОСТ 9587—61	0,25
Коническая с прямыми зубьями	1 мм и более	ГОСТ 13755—68, СТ СЭВ 516—77	0,20
Червячная	От 0,1 до 0,5 мм		0,45
	Св. 0,5 до 1 мм	ГОСТ 20184—74	0,30
Червячная	От 1 до 25 мм	СТ СЭВ 266—76	0,20

коэффициент высоты ножки $h^*_f = 1,25$,
 коэффициент граничной высоты $h^*_e = 2$,
 коэффициент радиуса кривизны переходной кривой $\rho^*_f = 0,38$,
 коэффициент глубины захода зубьев в паре исходных контуров $h^*_\omega = 2$,
 коэффициент радиального зазора в паре исходных контуров $c^* = 0,25$.

В табл. 1 приведены величины коэффициентов радиального зазора для различных зубчатых передач в соответствии со стандартами та их исходный контур.

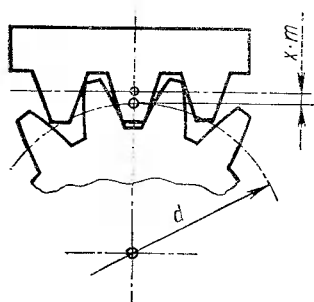


Рис. 11. Смещение исходного контура

Делительная поверхность исходного контура рейки может не совпадать с цилиндрической делительной поверхностью зубчатого колеса. Такой случай (рис. 11) называется смещением исходного контура. Отношение величины смещения к модулю зубчатого колеса называется коэффициентом смещения и обозначается буквой x . Следовательно, величина смещения определяется произведением $x \cdot m$.

У отдельно взятого зубчатого колеса рассматривается делительная окружность, на которой шаг и угол зацепления колеса соответственно равны шагу и углу зацепления зуборезного инструмента. В эвольвентном зацеплении при нарезании зубьев колес по методу обката инструментом реечного типа (например, червячной фрезой) делительная окружность колеса катится без скольжения

по делительной прямой зубчатой рейки. При этом шаг рейки и толщина зуба переносятся на делительную окружность колеса. При правильном межосевом расстоянии сопряженной пары нормальных зубчатых колес начальные окружности совпадают с делительными, но это не одно и то же.

Диаметр делительной окружности определяется по формуле

$$d = \frac{P \cdot z}{\pi},$$

где P — шаг зубчатой рейки ($P = \pi m$); z — число зубьев колеса; m — модуль. Отсюда находится выражение диаметра делительной окружности зубчатого колеса через модуль и число зубьев:

$$d = m \cdot z \text{ или } m = \frac{d}{z}.$$

Следовательно, модуль представляет собой отрезок диаметра делительной окружности (в мм), приходящийся на один зуб колеса. В СССР модули стандартизованы. В табл. 2 приведены нормальные модули для цилиндрических колес и внешние окружные делительные модули для конических колес. Ряд 1 является предпочтительным.

В странах, где принята не метрическая, а дюймовая система единиц, основным параметром зацепления является питч (pitch — шаг). Питч представляет собой число зубьев, приходящееся на 1" (дюйм) делительного диаметра зубчатого колеса:

$$P = \frac{z}{d''}.$$

Отсюда видно, что питч является величиной, обратной модулю, если последний выражен в дюймах:

$$m'' = \frac{d''}{z} \text{ и } \frac{1}{P} = \frac{d''}{z};$$

следовательно,

$$m'' = \frac{1}{P} ; \frac{m}{25,4} = \frac{1}{P} ; m = \frac{25,4}{P}.$$

2. Стандартный ряд модулей (СТ СЭВ 310—76)

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2
0,05	—	0,5	—	5	—	50	—
—	0,055	—	0,55	—	5,5	—	55
0,06	—	0,6	—	6	—	60	—
—	0,07	—	0,7	—	7	—	60
0,08	—	0,8	—	8	—	80	—
—	0,09	—	0,9	—	9	—	90
0,1	—	1	—	10	—	100	—
—	0,11	—	1,125	—	11	—	—
0,12	—	1,25	—	12	—	—	—
—	0,14	—	1,375	—	14	—	—
0,15	—	1,5	—	16	—	—	—
—	0,18	—	1,75	—	18	—	—
0,20	—	2	—	20	—	—	—
—	0,22	—	2,25	—	22	—	—
0,25	—	2,5	—	25	—	—	—
—	0,28	—	2,75	—	28	—	—
0,3	—	3	—	32	—	—	—
—	0,35	—	3,5	—	36	—	—
0,4	—	4	—	40	—	—	—
—	0,45	—	4,5	—	45	—	—

§ 3. Способы и схемы обработки цилиндрических зубчатых колес

Цилиндрическими называют зубчатые колеса, зубья которых образованы на цилиндрической поверхности заготовки (рис. 12). Элементы цилиндрического зубчатого колеса, показанные на рис. 13, определяются по формулам, приведенным в табл. 3. Способы обработки цилиндрических колес показаны в табл. 4.

3. Элементы цилиндрических зубчатых колес

Наименование элемента	Обозначение	Расчетные формулы	
		для прямозубого колеса	для косозубого колеса
Число зубьев	z	z	z
Модуль	m	m	$m_t = \frac{m}{\cos \beta}$
Ширина венца	b	b	b
Угол наклона зуба	β	—	β
Высота зуба	h	$h = 2,25 m$	
Высота головки	h_a	$h_a = m$	
Высота ножки	h_f	$h_f = 1,25 m$	

Наименование элемента	Обозначение	Расчетные формулы	
		для прямозубого колеса	для косозубого колеса
Делительный диаметр Окружной шаг	d P_t	$d = m \cdot z$ $P_t = \pi \cdot m$	$d = m_t \cdot z$ $P_t = \pi \cdot m_t$
Ход зуба	P_z	—	$P_z = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{\sin \beta}$
Диаметр вершин Диаметр впадин	d_a d_f	$d_a = d + 2m$ $d_f = d - 2,5 m$	

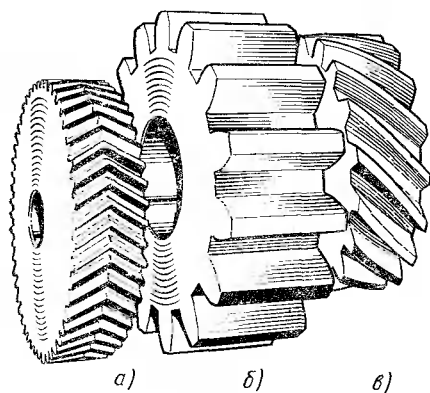


Рис. 12. Цилиндрические зубчатые колеса:
а — шевронное, б — прямозубое, в — косозубое

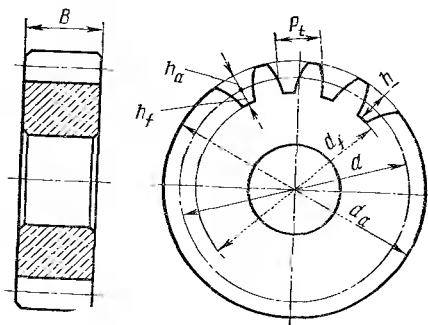
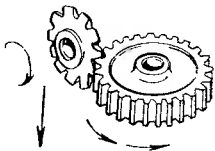
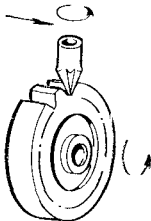
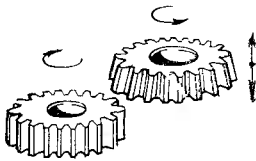
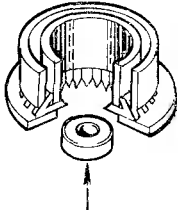
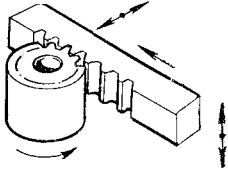
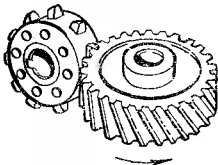
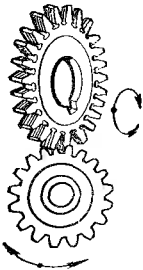
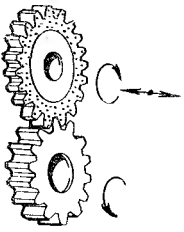
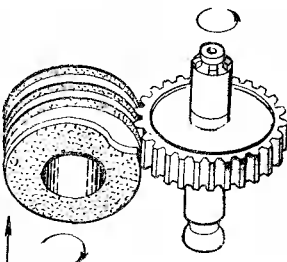


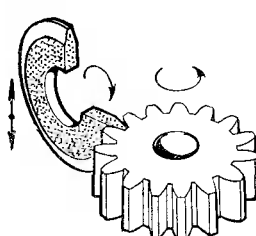
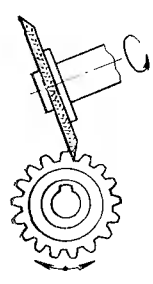
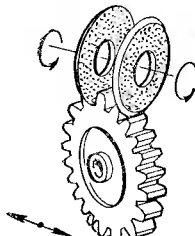
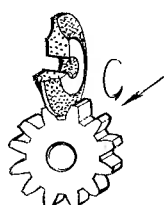
Рис. 13. Элементы цилиндрического зубчатого колеса

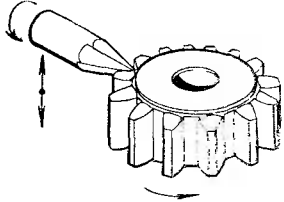
4. Способы обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес

Способ обработки	Схема
<p>Зубонарезание</p> <p>Нарезание зубьев червячной фрезой на зубофрезерном станке</p>	

Способ обработки	Схема
Нарезание зубьев дисковой модульной фрезой на зубофрезерном станке	
Нарезание зубьев пальцевой модульной фрезой на зубофрезерном станке	
Нарезание зубьев цилиндрическими долбяками на зубодолбежном станке	
Нарезание зубьев многолезцоввой головкой на зубодолбежном станке	
Нарезание зубьев гребенкой на зубострогальном станке	

Способ обработки	Схема
<p>Нарезание зубьев обкаточными резцами на специальном станке (зуботочение)</p>	
<p>Зубоотделка</p> <p>Шевингование зубьев цилиндрическим шеве- ром на зубошевинговальном станке</p>	
<p>Хонингование зубьев цилиндрических колес хонами на зубохонинговальном станке</p>	
<p>Шлифование зубьев червячным кругом на зубошлифовальном станке</p>	

Способ обработки	Схема
Шлифование зубьев коническим кругом на зубошлифовальном станке	
Шлифование зубьев плоским кругом на зубошлифовальном станке	
Шлифование зубьев двумя тарельчатыми кругами на зубошлифовальном станке	
Шлифование зубьев профильным кругом на зубошлифовальном станке	

Способ обработки	Схема
Закругление торцов зубьев пальцевой фрезой на зубозакругляющем станке	

§ 4. Способы и схемы обработки червячных колес и червяков

Червячное колесо является ведомым звеном в червячной передаче (рис. 14), поэтому профиль зуба колеса зависит от формы профиля витка червяка. Цилиндрические червяки разделяются по форме профиля витка на архимедовы (ЗА), конволютные (ZN), эвольвентные (ZI), образованные конусом (ZK) и тором (ZT). Тип червяка указывается в таблице чертежа как червяка, так и колеса. Наиболее простым для изготовления является архимедов червяк, у которого профиль витка в осевом сечении образован прямой линией, а в торцовом сечении — архимедовой спиралью.

В червячной передаче различают следующие элементы (рис. 15), определяемые по формулам, приведенным в табл. 5.

Формула делительного диаметра червяка содержит величину q , которая называется коэффициентом диаметра червяка. Значения q , регламентируемые стандартом, приведены в табл. 6.

Червячные колеса нарезают на обычных зубофрезерных станках или на специальных мастер-станках для обработки червячных колес. Основные способы нарезания и отделки червячных колес и червяков приведены в табл. 7.

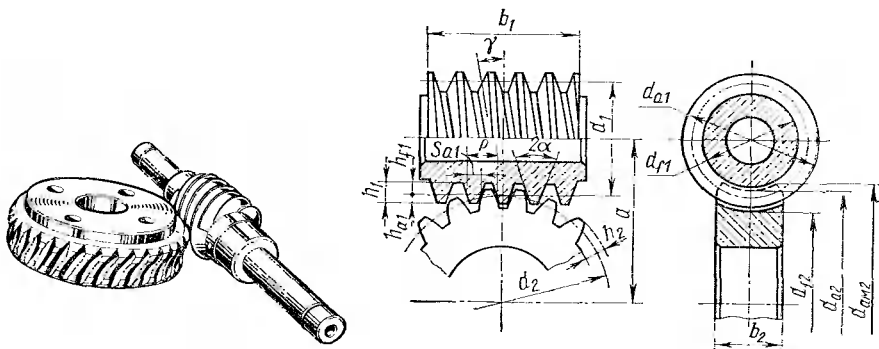


Рис. 14. Червячное колесо и червяк

Рис. 15. Элементы червячной передачи с цилиндрическим червяком

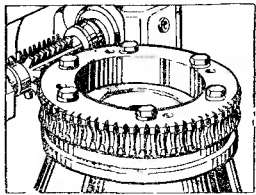
5. Элементы червячной передачи с цилиндрическим червяком

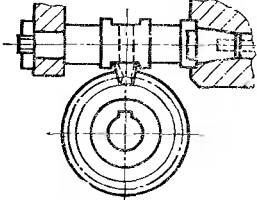
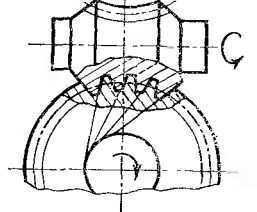
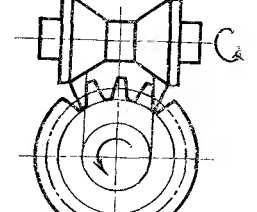
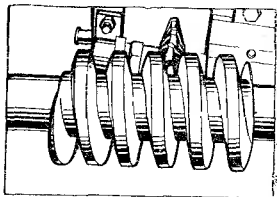
Наименование элемента	Обозначение	Расчетные формулы	
		для червяка	для колеса
Модуль	m	m	m
Число витков червяка	z_1	z_1	—
Число зубьев колеса	z_2	—	z_2
Длина нарезанной части червяка	b_1	b_1	—
Ширина венца колеса	b_2	—	b_2
Расчетный шаг витка	P	$P = \pi \cdot m$	—
Ход витка	P_x	$x = P \cdot z_1$	—
Делительный диаметр червяка	d_1	$d_1 = q \cdot m$	—
Делительный угол подъема витка	γ	$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q}$	—
Делительный диаметр колеса	d_2	—	$d_2 = m \cdot z_2$
Высота витка (зуба)	h	$h_1 = 2,2 \cdot m$	$h_2 = 2,2 \cdot m$
Высота головки витка (зуба)	h_a	$h_{a1} = m$	$h_{a2} = m$
Высота ножки витка (зуба)	h_f	$h_{f1} = 1,2 \cdot m$	$h_{f2} = 1,2 \cdot m$
Диаметр вершин	d_a	$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m$	$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m$
Диаметр впадин	d_f	$d_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m$	$d_{f2} = d_2 - 2,4 \cdot m$

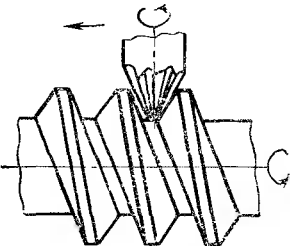
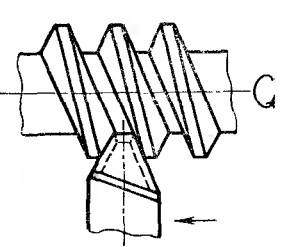
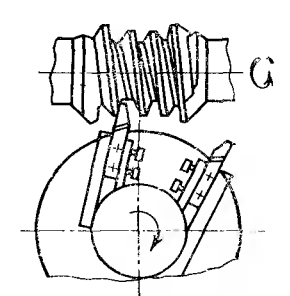
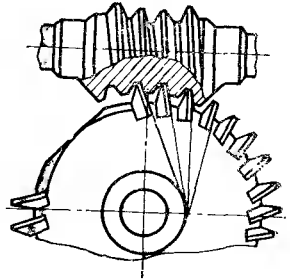
6. Коэффициент диаметра червяка (ГОСТ 19672—74)

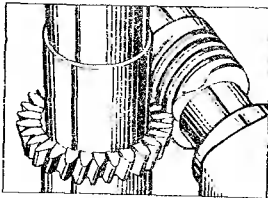
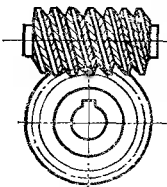
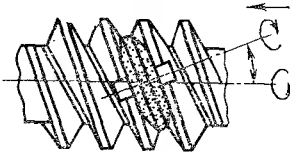
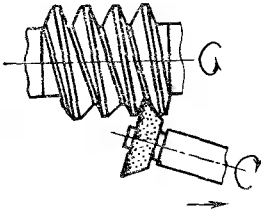
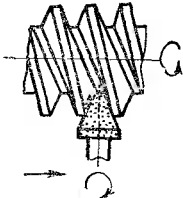
1-й ряд		8,0		10,0		12,5		16		20		25
2-й ряд	7,1		9,0		11,2		14		18		22,5	

7. Способы обработки червячных колес и червяков

Способ обработки	Схема
<p>Нарезание зубьев и витков</p> <p>Нарезание зубьев червячного колеса цилиндрической червячной фрезой на зубофрезерном станке</p>	

Способ обработки	Схема
<p>Нарезание зубьев червячного колеса фасонным резцом-летучкой на зубофрезерном станке</p>	
<p>Нарезание зубьев глобоидного червячного колеса специальной глобоидной фрезой на зубофрезерном станке</p>	
<p>Нарезание зубьев глобоидного червячного колеса резцами на зубофрезерном станке</p>	
<p>Нарезание витков цилиндрического червяка дисковой фрезой на червячно-фрезерном станке</p>	

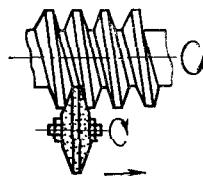
Способ обработки	Схема
Нарезание витков цилиндрического червяка модульной пальцевой фрезой на червячно-фрезерном станке	
Нарезание витков цилиндрического червяка профильным резцом на токарно-винторезном станке	
Нарезание витков глобоидного червяка резцами на зубофрезерном станке	
Нарезание витков глобоидного червяка многозубой резцовой головкой на зубофрезерном станке	

Способ обработки	Схема
<p>Нарезание витков цилиндрического и глобоидного червяков долбьяками на зубофрезерном станке</p>	
<p>Отделка зубьев и витков</p> <p>Шевингование зубьев червячного колеса червячным шевером на зубофрезерном станке</p>	
<p>Шлифование витков архимедова цилиндрического червяка дисковым шлифовальным кругом на червячно-шлифовальном станке</p>	
<p>Шлифование витков архимедова цилиндрического червяка чашечным конусным кругом с прямолинейной образующей конуса</p>	
<p>Шлифование витков архимедова цилиндрического червяка пальцевым шлифовальным кругом</p>	

Способ обработки

Схема

Шлифование витков эвольвентного цилиндрического червяка дисковым шлифовальным кругом



§ 5. Способы и схемы обработки конических зубчатых колес

Коническими называют зубчатые колеса, зубья которых нарезаются на конической поверхности заготовки (рис. 16). Элементы конических зубчатых колес (рис. 17) определяются по формулам, приведенным в табл. 8, а основные способы обработки даны в табл. 9.

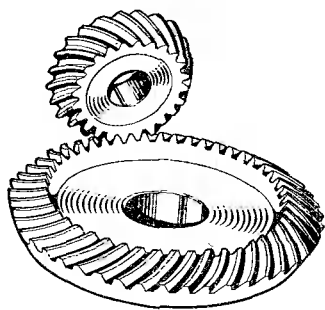


Рис. 16. Конические зубчатые колеса

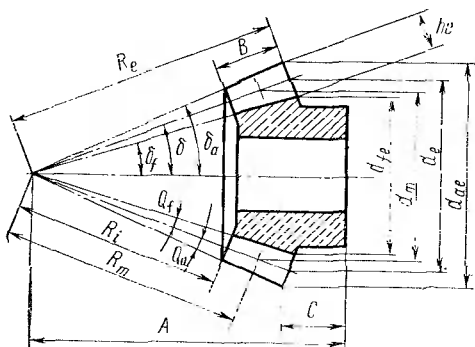


Рис. 17. Элементы конического зубчатого колеса

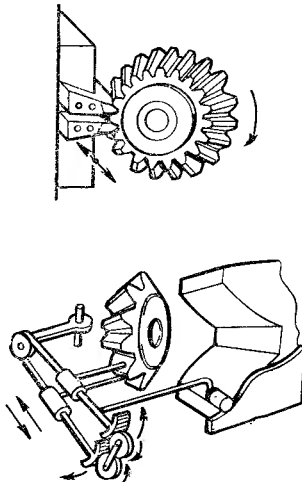
8. Элементы конических зубчатых колес

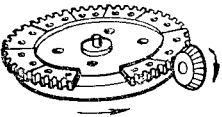
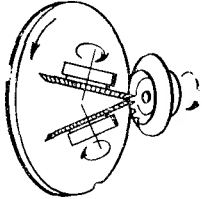
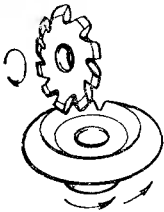
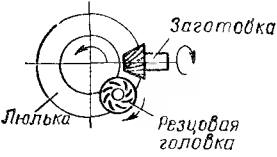
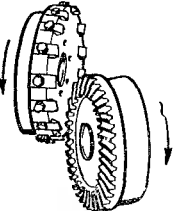
Наименование элемента	Обозначение	Расчетные формулы	
		для колес с прямыми зубьями, ГОСТ 19642—74	для колес с круговыми зубьями, ГОСТ 19326—73
Число зубьев шестерни	z_1	Выбирается конструктивно	
Число зубьев колеса	z_2		
Средний нормальный модуль (расчетный)	m_n	Выбирается из нормального ряда	
Средний окружной модуль	m	$m = m_n \cdot \frac{R}{R_e}$	—
Внешний окружной модуль	m_e	m_e	$m_{te} = \frac{2 \cdot R_e}{z_e}$

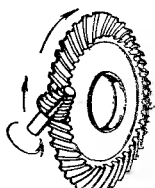
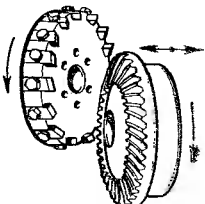
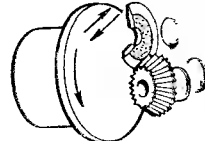
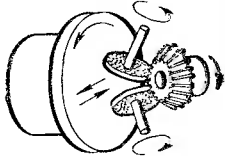
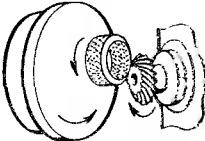
Продолжение табл. 8

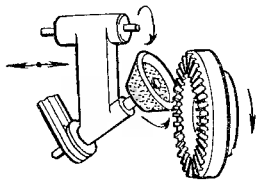
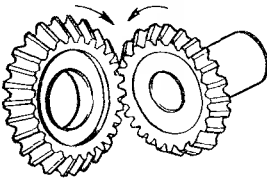
Наименование элемента	Обозначение	Расчетные формулы	
		для колес с прямыми зубьями, ГОСТ 19642—74	для колес с круговыми зубьями, ГОСТ 19326—73
Число зубьев плоского колеса (при $\Sigma=90^\circ$)	z_c	$z_c \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$	$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$
Внешнее конусное расстояние	R_e	$R_e = 0,5 \cdot m_e \cdot z_c$	$R_e = 0,5 \cdot m_{te} \cdot z_e$
Среднее конусное расстояние	R_m	$R_m = R_e - 0,5 b$	$R_m = \frac{m_n \cdot z_c}{2 \cos \beta_n}$
Ширина зубчатого венца	b	$b \leq 0,3 R_e$; $b \leq 10 \cdot m$	$b \leq 0,3 R_e$; $b \leq 10 \cdot m_{te}$
Средний делительный диаметр	dm	$dm = m \cdot z$	$d_m = \frac{m_n \cdot z}{\cos \beta_n}$;
Угол делительного конуса (при $\Sigma=90^\circ$)	δ	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$; $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$; $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$
Внешний делительный диаметр	d_e	$d_e = m_e \cdot z$	$d_e = m_{te} \cdot z$
Угол наклона зуба (средний)	β_n	—	β_n

9. Способы обработки конических зубчатых колес

Способ обработки	Схема
<p>Зубонарезание</p> <p>Строгание зубьев двумя резцами с прямолинейными режущими кромками на зубострогальном станке</p> <p>Строгание зубьев по копиру одним или двумя резцами на зубострогальном станке</p>	

Способ обработки	Схема
Круговое протягивание зубьев дисковой протяжкой на зубофрезерном станке	
Фрезерование зубьев двумя спаренными дисковыми фрезами с прямолинейными кромками на зубофрезерном станке	
Фрезерование зубьев дисковой модульной фрезой на зубофрезерном станке	
Фрезерование зубьев торцевой резцовой головкой на зуборезном станке по методу обката	
Круговое протягивание зубьев торцевой резцовой головкой на зуборезном станке	

Способ обработки	Схема
Фрезерование зубьев конической червячной фрезой	
Нарезание зубьев торцевой резцовой головкой на зуборезном станке по методу копирования	
Зубоотделка	
Шлифование зубьев одним конусным кругом на зубошлифовальном станке	
Шлифование зубьев двумя дисковыми кругами с конусной поверхностью на зубошлифовальном станке	
Шлифование зубьев чашечно-цилиндрическим кругом на зубошлифовальном станке	

Способ обработки	Схема
Шлифование зубьев чашечно-коническим кругом на зубошлифовальном станке	
Притирка зубьев на зубопритирочном станке	

ГЛАВА II. НАРЕЗАНИЕ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС НА ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

§ 6. Технические данные зубофрезерных станков

На зубофрезерных станках производят нарезание зубчатых колес по методу обката или по методу копирования. В зависимости от положения на станке оси заготовки зубофрезерные станки подразделяются на вертикальные и горизонтальные. Вертикальные станки выполняют с подвижным столом (на котором устанавливают изделие) и неподвижной суппортной стойкой или же, наоборот, с подвижной стойкой и неподвижным столом. Горизонтальные станки выполняют с подвижной шпиндельной бабкой, несущей заготовку, или с подвижным инструментальным суппортом.

По характеру работы зубофрезерные станки делятся на универсальные и производственные.

Универсальные обладают широкими технологическими возможностями, их используют в основном в единичном, мелкосерийном и серийном производстве. Производственные станки предназначены для работы в условиях крупносерийного и массового производства. Их редко переналаживают. Станки обладают повышенной жесткостью и мощностью приводов, что способствует работе с повышенными режимами резания.

В табл. 10 приведены основные технические данные зубофрезерных станков отечественного производства.

У производственных станков наибольший обрабатываемый модуль указан: в числителе — при использовании станка в условиях крупносерийного и массового производства, в знаменателе — в условиях серийного производства.

10. Технические данные зубофрезерных станков

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм			Размер устанавливаемых червячных фрез, мм		Частота вращения фрезы, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т	Примечание
	диаметр	модуль	ширина венца	диаметр	длина				

Вертикальные станки

5304В	80	1,5	100	80	—	100...800	1,5	2,4	Особо высокой точности
5К301П	125	2,5	100	100	90	100...500	2,2	1,72	
53А10	125	2,5	140	100	100	40...900	3,4	1,8	
53А10А	125	1,5	140	100	100	25...630	3,4	1,8	
53А13	125	4/6	150	125	140	118...530	7,5	5,9	Продукционный
53А20	200	4	180	125	140	75...500	7,5/8,5	4,7	То же
53А23	200	5/9	180	140	220	80...375	11/13	7,9	
53А30	320	6	220	160	160	50...400	3,2/4,2	6,8	»
5В312	320	6	160	160	145	100...500	7,5	5,7	
53А33	320	6/11	220	160	220	71...450	15	9	»
53А50	500	8	350	180	200	40...405	8/10/12,5	9,7	
53А53	500	8/14	350	225	280	61...355	11/12/18	16	»
53А80	800	10	350	200	200	40...405	8/10/12,5	10,8	
5К328	1250	12	560	225	240	32...200	10	14	Особо высокой точности
53А11	1250	12	560	225	240	32...250	17	17	
5А342П	2000	20	560	250	300	8...100	14	31,8	
5343	3200	30	1350	360	425	10...60	42	81	
5362	2000	8	1000	250	300	5...50	10	39	Особо высокой точности
5363	3200	10	1750	360	425	6,5...40	42	96,5	
5В345П	5000	40	2200	400	500	8,5...85	45	126,7	Особо высокой точности
5В348	8000	40	2200	400	500	5...50	45	158,3	
5В348/12,5	12500	40	2200	400	500	5...50	45	227,4	

Горизонтальные станки

5В370	500	20*	2500	250	300	10...100	19	27
5В373П	800	30*	3500	360	425	7,4...74	32	45
5В375	1250	40*	3475	400	500	6...60	42	58,4

* Модуль указан при работе червячной фрезой.

§ 7. Инструмент для фрезерования цилиндрических зубчатых колес

Для фрезерования цилиндрических зубчатых колес применяют дисковые, пальцевые и червячные фрезы. Дисковые модульные фрезы и пальцевые модуль-

ные фрезы используют главным образом в тяжелом машиностроении для нарезания крупных зубчатых колес. Профиль зуба этих фрез повторяет профиль впадины нарезаемого колеса. Так как зубчатые колеса одного модуля при различном числе зубьев имеют разную кривизну эвольвенты зуба, то впадина точного зубчатого колеса теоретически должна формироваться фрезой определенного профиля. Практически одной модульной фрезой нарезают зубчатые колеса в определенном интервале чисел зубьев, который определяется по допустимой погрешности профиля зуба. Модульные дисковые фрезы (рис. 18) выпускают комплектом из 8, 15 и 26 шт. Набор из восьми фрез называется основным.

В табл. 11 приведены числа зубьев колеса, нарезаемые фрезой определенного номера комплекта из восьми фрез.

Размеры дисковых модульных фрез основного набора приведены в табл. 12.

Пример условного обозначения фрезы 6-го номера с модулем 4 мм: фреза *т* 4Х№ 6 ГОСТ 10996—64.

Профиль пальцевых чистовых фрез (рис. 19) полностью совпадает с профилем впадины зуба нарезаемого прямозубого колеса и несколько отличается от профиля впадины зуба косозубого колеса. Черновые пальцевые фрезы снабжены канавками для дробления стружки. Основные размеры пальцевых модульных фрез приведены в табл. 13.

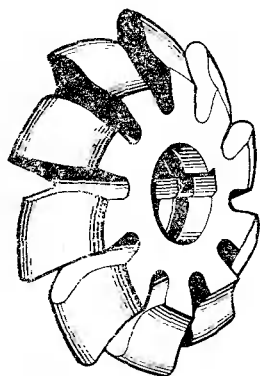
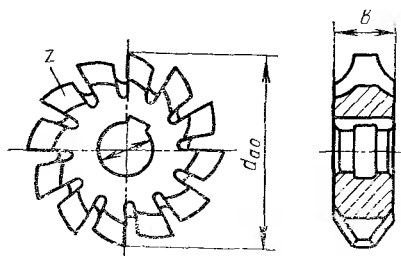


Рис. 18. Дисковая модульная фреза

11. Число нарезаемых зубьев дисковыми модульными фрезами

Номер фрезы	1	2	3	4	5	6	7	8
Число нарезаемых зубьев	12; 13	14...16	17..20	21..25	26..34	35..54	55...134	134 и более

12. Фрезы дисковые модульные (ГОСТ 10996—64)



Модуль <i>т</i> , мм	Наружный диаметр <i>d</i> _{до} , мм	Диаметр отверстия <i>d</i> , мм	Число зубьев <i>z</i>	Ширина фрезы <i>b</i> , мм
1,25	50	19	14	4,5 ... 4
1,25				5 ... 4
1,375				5,5 ... 4,5

Модуль m , мм	Наружный диаметр d_{a0} , мм	Диаметр отверстия d , мм	Число зубьев z	Ширина фрезы b , мм
1,5 1,75	55	22	14	6 ... 5 7 ... 5,5
2 2,25	63	22	12	8 ... 6 8,5 ... 7
2,5 2,75	70	22	12	9,5 ... 7,5 10,5 ... 8
3 3,25 3,5 3,75	80	27	12	11,5 ... 9 12 ... 9,5 13 ... 10,5 14 ... 11
4 4,25 4,5	90	27	12	15 ... 11,5 15,5 ... 12 16,5 ... 13
5 5,5	100	27	12	18 ... 14,5 20 ... 15,5
6 6,5 7	110	32	10	21,5 ... 17 23 ... 18 24,5 ... 19,5
8 9	125	32	10	28 ... 22 31 ... 24
10 11	140	40	10	34 ... 27 37 ... 29
12 14	160	40	10	41 ... 32 47 ... 37
16	180	50	10	53 ... 42

Червячная зуборезная фреза представляет собой червяк, у которого на винтовой поверхности образованы режущие кромки (рис. 20). Широкое распространение получили червячные фрезы с прямолинейным профилем зуба в нормальном к витку сечении. Эти фрезы являются основным типом инструмента, используемого для фрезерования цилиндрических зубчатых колес.

Червячные фрезы различаются по роду обработки и точности, числу заходов, направлению винтовой линии зубьев, расположению шпоночных пазов.

По роду обработки и точности червячные фрезы делятся на черновые, чистовые и прецизионные. Черновые фрезы делают с передним углом на режущих зубьях и толщиной зуба, меньшей, чем у чистовой фрезы, на величину припуска под чистовое нарезание зубчатого колеса. Точность черновых фрез ниже, чем чистовых. Прецизионные червячные фрезы относятся к особо точ-

ному типу инструмента и отличаются увеличенным относительно других типов фрез диаметром, что приводит к повышению точности профиля зуба нарезаемого колеса.

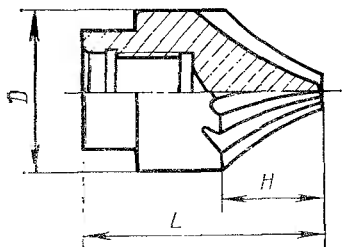


Рис. 19. Пальцевая модульная фреза

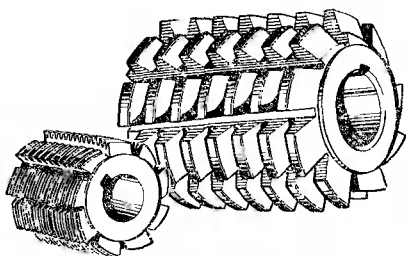


Рис. 20. Червячные зуборезные фрезы

13. Фрезы пальцевые модульные [10]

Модуль m , мм	Число зубьев нарезаемого колеса			Длина L , мм	Высота зуба фрезы H , мм
	19 . . . 22	30 . . . 41	80 и более		
	Диаметр D , мм				
20	65	60	52	105	51
22	80	65	60	110	58
25	85	75	65	125	65
28	95	85	85	135	73
32	105	95	85	150	82
36	120	105	95	160	91
40	130	120	105	170	100
48	150	130	120	190	115
50	170	150	130	210	130

По числу заходов фрезы делятся на однозаходные и многозаходные. При использовании многозаходных червячных фрез увеличивается производительность обработки, но несколько снижается точность. Многозаходные фрезы в основном применяются в крупносерийном и массовом производстве, где нарезанные зубчатые колеса подвергаются отделочным операциям.

По направлению винтовой линии зубьев червячные фрезы делятся на правозаходные и левозаходные. Левозаходные являются специальным инструментом.

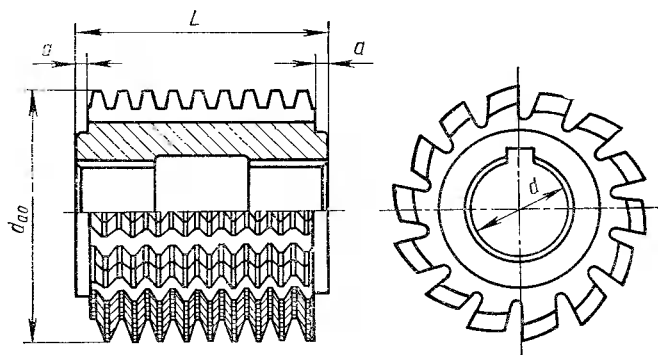
Стружечные канавки на фрезах изготовляют винтовыми и параллельно оси фрезы. Шпоночные пазы фрез располагают продольно в отверстиях или на торцах. Торцовый шпоночный паз применяют в тех случаях, когда необходимо увеличить жесткость фрезы малого диаметра при крупном модуле.

Червячные фрезы изготовляют трех типов: тип I — цельные прецизионные; тип II — цельные общего назначения; тип III — сборные общего назначения.

Для червячных фрез установлены классы точности AAA, AA, A, B и C. Класс AAA — высший.

**14. Фрезы червячные однозаходные
для эвольвентных цилиндрических колес (ГОСТ 9324—60)**

Модуль, мм



	Прецизионные				Общего назначения				
	d_{a0} , мм	L , мм	d , мм	a , мм	d_{a0} , мм	L , мм		d , мм	a , мм
						короткие	длинные		
1,125 1,125	70	70	32	4	63	40	63	27	4
1,375 1,5 1,75	80	80	40			50	80		
2 2,25	90	90				70	63		
2,5 2,75 3	100	100		5	80	70	100	32	5
3,25 3,5 3,75	112	112	90		80	112			
4 4,2 4,5	125	125	100		90	125			
5 5,5 6 6,5 7	140 160	140 155	50	112 125	100 112	140 160	40	5	
8	180	175							

Модуль, мм	Прецизионные				Общего назначения				
	d_{a0}	L , мм	d , мм	a , мм	d_{a0} мм	L , мм		d , мм	a , мм
						короткие	длинные		
9	200	195	60		140	125	180	40	5
10	225	215							
11	—	—	—	—	160	140	200	50	
12	—	—	—	—	180	160	225		
14									

Основные размеры червячных фрез приведены в табл. 14. Пример условного обозначения правозаходной фрезы модулем 6 мм, длиной 112 мм, типа II, класса точности A: *фреза червячная правая 6X112 A—II ГОСТ 9324—60.*

§ 8. Основные части и настройка зубофрезерного производственного полуавтомата 53A13

Зубофрезерный производственный полуавтомат 53A13 предназначен для нарезания зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических колес в условиях крупносерийного и массового производства. Полуавтомат (рис. 21) состоит из станины 1, по прямоугольным направляющим которой перемещается стойка 3. На правой стороне станины закреплен стол со шпинделем изделия и задняя стойка 11 с контрподдержкой. На левой торцовой стороне станины находятся механизмы гитары деления и радиальной подачи. К передней стенке станины прикреплен электрошкаф 4 с пультом управления 5. Стойка 3 несет на себе механизм главного привода со сменными шкивами и механизм продольной подачи с электродвигателем 9. По вертикальным прямоугольным направляющим стойки перемещается каретка с фрезерным суппортом 8. Рабочая зона полуавтомата ограждается дверкой 12. Перемещения отдельных механизмов во время паладки полуавтомата производятся рукоятками вручную и с пульта управления кнопками. Вращением валика 2 производят перемещение стойки 3 для установки межосевого расстояния между фрезой и заготовкой. Поворот суппорта на угол осуществляется вращением валика 6. Вращением валика 10 производят перемещение салазок суппорта вдоль оси фрезерного шпинделя для установки фрезы в требуемое исходное положение. От кнопок на пульте управления осуществляются установочное перемещение каретки с суппортом вдоль оси заготовки, перемещение контрподдержки задней стойки и периодическое перемещение салазок суппорта для ввода в работу новых участков червячной фрезы. Ограничение перемещений каретки с суппортом производится упорами 7.

Кинематическая схема полуавтомата (рис. 22) состоит из следующих основных кинематических цепей*: главного движения, деления, дифференциала и по-

* В справочнике на кинематических схемах станков ради удобства настройки указаны не номера звеньев кинематических цепей, а их кинематические параметры: числа зубьев для колес, отношение числа заходов червяка к числу зубьев колеса для червячных передач (например, 1/60), диаметры шкивов

дачи, настройка которых производится сменными шкивами и сменными зубчатыми колесами.

Цепь главного движения связывает вращение инструмента (*Ин*) и вращение главного электродвигателя (*М1*) мощностью 7,5 кВт. Настройка цепи осуществляется сменными шкивами *D₁* и *D₂*. Расчетная формула настройки:

$$n_{фр} = \frac{D_1}{D_2} 300 \text{ об/мин.}$$

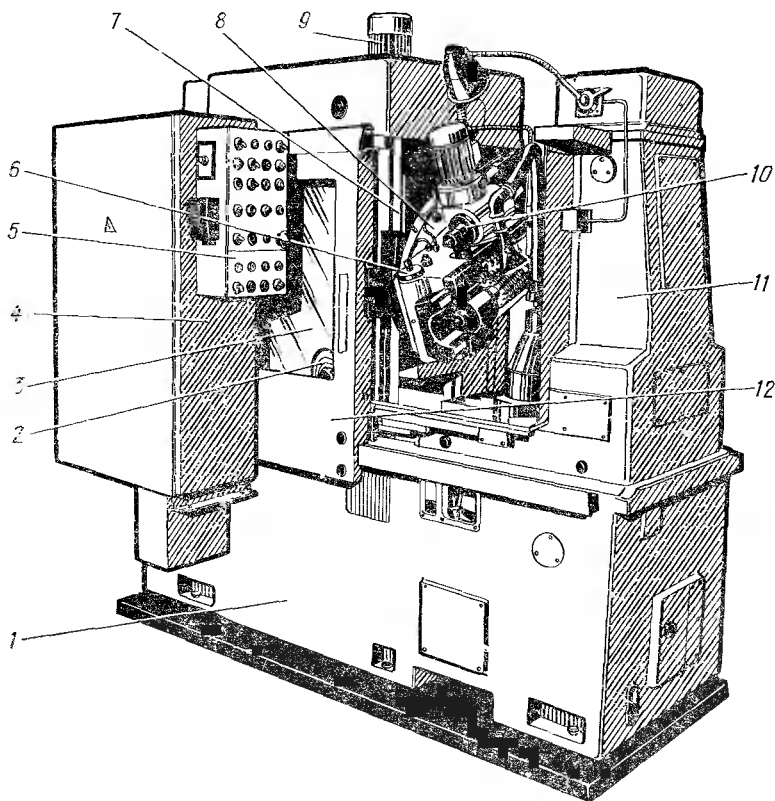


Рис. 21. Зубофрезерный производственный полуавтомат 53A13:

1 — станина, 2 — лимб установки глубины врезания, 3 — стойка, 4 — электрошкаф, 5 — пульт управления, 6 — валик поворота суппорта, 7 — упоры установки хода суппорта, 8 — суппорт, 9 — привод подачи, 10 — валик осевого перемещения фрезы, 11 — задняя стойка, 12 — ограждение

Установка частоты вращения инструмента производится в соответствии с требуемой скоростью резания. Сменные шкивы, входящие в комплектацию полуавтомата, позволяет установить восемь различных частот вращения фрезы от 118 до 530 об/мин. На рис. 23 приведен график зависимости частоты вращения фрезы от ее диаметра и выбранной скорости резания.

для ременных передач, шаг резьбы и число витков для ходовых винтов (например, 40×1). Конечные звенья обозначены: *Заг* — заготовка, *Ин* — инструмент; *М₁*, *М₂* . . . — электродвигатели (рядом с ними указаны значения их частоты вращения и мощности); *ГМ* — гидромотор.

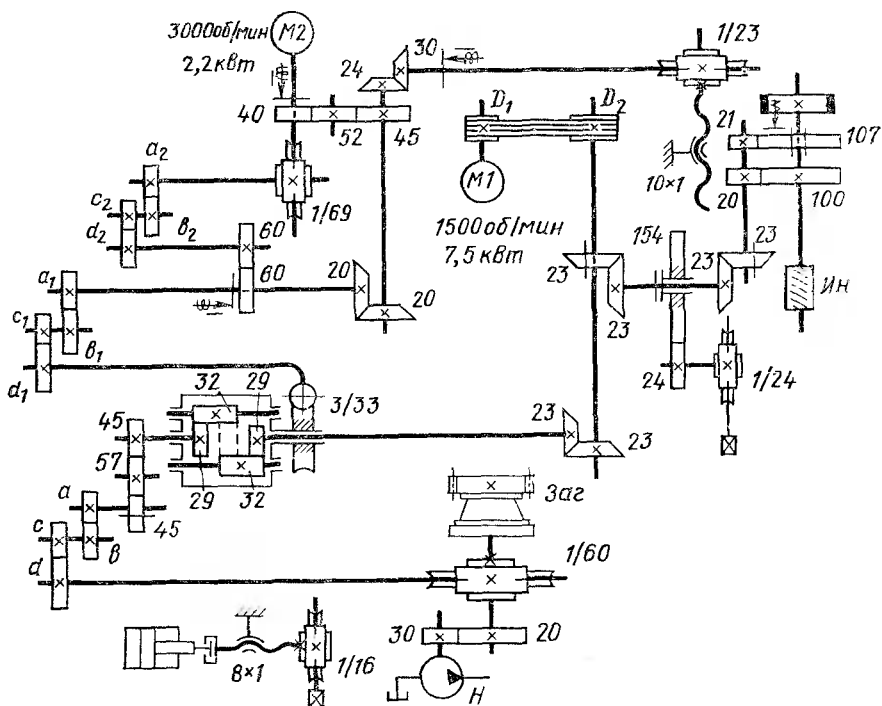


Рис. 22. Кинематическая схема зубофрезерного полуавтомата 53A13

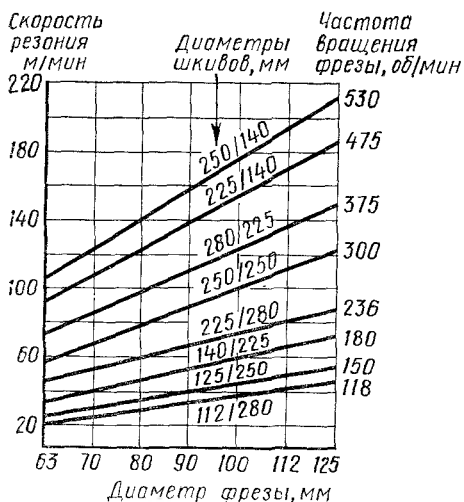


Рис. 23. График скоростей полуавтомата 53A13

Кинематическая цепь деления связывает вращение инструмента (Ип) и заготовки (Заг). За один оборот однозаходной фрезы стол с заготовкой поворачивается на угол, соответствующий одному зубу нарезаемого колеса (1/z). Расчетная формула настройки гитары деления:

$$i_{\text{дел}} = \frac{12 \cdot K}{z} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

где K — заходность червячной фрезы; z — число нарезаемых зубьев; a , b , c , d — числа зубьев сменных зубчатых колес.

Гитара деления расположена на левом торце станины и состоит из двух пар зубчатых колес. Пара $a-b$ имеет постоянную сумму зубьев ($a+b=96$), пара $c-d$ должна иметь сумму зубьев, равную или более 84 ($c+d \geq 84$). Таблица настройки гитары деления на число нарезаемых зубьев 6...120 приведена в руководстве по эксплуатации полуавтомата.

Кинематическая цепь дифференциала включается в работу при нарезании косозубых колес и связывает вращение заготовки (*Заг*) с ходовым винтом вертикальной подачи (10×1). При перемещении фрезы на величину хода винтовой линии зуба заготовки $P_z = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{\sin \beta}$ стол с заготовкой делает один дополнительный оборот по ходу вращения стола или против него. Расчетная формула настройки гитары дифференциала:

$$i_{\text{диф}} = \frac{3,18310 \cdot \sin \beta}{m_n K} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1},$$

где β — угол наклона зуба нарезаемого колеса; m_n — нормальный модуль колеса; K — заходность фрезы; a_1, b_1, c_1, d_1 — числа зубьев сменных колес.

Ввиду большого разнообразия углов наклона зубьев нарезаемого колеса таблица настроек гитары дифференциала в руководствах по эксплуатации полуавтоматов не приводится. В каждом конкретном случае производят расчет передаточного отношения с точностью до седьмого знака после запятой, по которому в специальных таблицах [9] находят набор сменных зубчатых колес. Затем подобранные зубчатые колеса проверяют на сцепляемость. Для полуавтомата 53A13 условия сцепляемости следующие: $c_1 + d_1 \geq 88$; $a_1 + b_1 + c_1 + d_1 \geq 180$.

Кинематическая цепь подачи связывает вращение электродвигателя подачи (*M2*) с перемещением каретки фрезерного суппорта от ходового винта (10×1). Формула настройки гитары подачи

$$i_{\text{пол}} = \frac{s}{36} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2},$$

где s — величина подачи, мм/мин; a_2, b_2, c_2, d_2 — числа зубьев сменных колес.

На полуавтомате обеспечиваются рабочая подача в пределах 2,5 ... 120 мм/мин и ускоренное перемещение инструмента с постоянной скоростью 930 мм/мин.

Обычно при зубофрезеровании продольная подача назначается в мм на один оборот изделия. Для перевода s (мм/об) в устанавливаемую s (мм/мин) используется формула

$$s \text{ (мм/мин)} = s \text{ (мм/об)} \cdot \frac{n_{\text{фр}} \cdot K}{z},$$

где K — заходность фрезы; $n_{\text{фр}}$ — частота вращения фрезы; z — число нарезаемых зубьев.

Пример. Требуется нарезать зубчатое колесо с числом зубьев $z = 33$ двухзаходной фрезой ($K = 2$), частота вращения фрезы $n_{\text{фр}} = 236$ об/мин, требуемая продольная подача $s = 2,8$ мм/об. При этом устанавливаемая продольная подача будет

$$s = s \text{ (мм/об)} \cdot \frac{n_{\text{фр}} \cdot K}{z} = 2,8 \cdot \frac{236 \cdot 2}{33} = 40 \text{ мм/мин.}$$

Установка инструмента производится таким образом, чтобы обеспечить нормальное его зацепление с нарезаемым колесом и экономично использовать режущие свойства. На рис. 24 показаны зоны (обозначены цифрами), на которые условно разбивается вся длина червячной зуборезной фрезы. Зоны 1 и 5 по обе стороны фрезы составляют по величине от 1 до 1,5 модулей и в работу не включаются из-за неполноты профиля зуба, зона 2 используется при черновом зубофрезеровании, зона 3 является зоной нормального зацепления и зона 4 соответствует всему пути осевого перемещения фрезы в процессе ее эксплуатации. Величина буртика a и длина фрезы L определяются по стандарту на червячные фрезы или по чертежу нестандартной фрезы.

Аналогично буквами обозначаются: b_n — активная часть фрезы; b_v — величина возможной осевой передвигки; b_w — рабочая зона резания, состоящая из

двух частей b_a и b_e , определяемых в шагах зацепления ($\pi \cdot m$) по графику, приведенному на рис. 25. В исходном перед началом работы положении торец червячной фрезы должен находиться на расстоянии C от центра заготовки.

Пример. Нарезается зубчатое колесо с модулем 3 мм, углом наклона зубьев $\beta = 15^\circ$, стандартной червячной фрезой, имеющей длину $L = 112$ мм и буртик $a = 5$ мм.

По графику на рис. 25 находим:
 $b_e = 2,8 \cdot (\pi \cdot m) = 2,8 \cdot 3,14 \cdot 3 = 26,3$ мм,
 $b_a = 1,2 \cdot (\pi \cdot m) = 1,2 \cdot 3,14 \cdot 3 = 11$ мм.

Следовательно, торец фрезы необходимо установить от центра нарезаемого колеса на расстоянии $c = b_e + 1,5 m + a = 26,3 + 1,5 \cdot 3 + 5 = 36$ мм. Величина возможной осевой передвижки составляет $b_v = L - 2 a - 2 \cdot 1,5 \cdot m - b_e = 112 - 2 \cdot 5 - 2 \cdot 1,5 \cdot 3 - 26,3 - 11 = 56$ мм.

Установка заготовки: способы крепления заготовки зависят от их размеров, конструктивных особенностей, требуемой точности нарезания и конструкции установочных приспособлений. При установке и креплении заготовки необходимо выполнять следующее: тщательно очищать центрирующие и опорные поверхности от грязи и стружки, периодически проверять радиальное и торцовое биение центрирующих и опорных поверхностей установочных приспособлений, проверять радиальное и торцовое биение заготовки до и после ее закрепления на приспособлении, равномерно затягивать крепежные болты. В табл. 15 приведены нормы точности базисуемых элементов приспособления, заготовки и инструмента.

Установка суппорта на угол производится с учетом угла подъе-

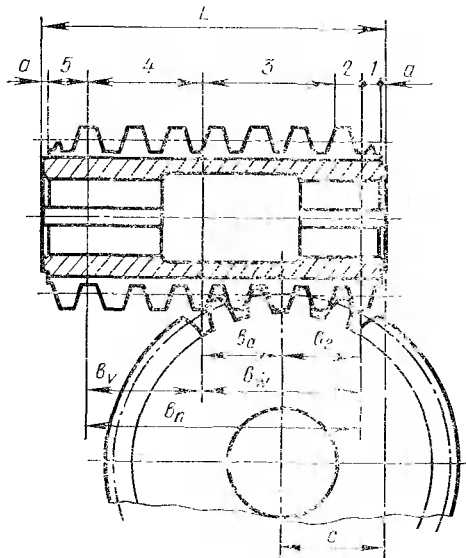


Рис. 24. Зоны червячной зуборезной фрезы

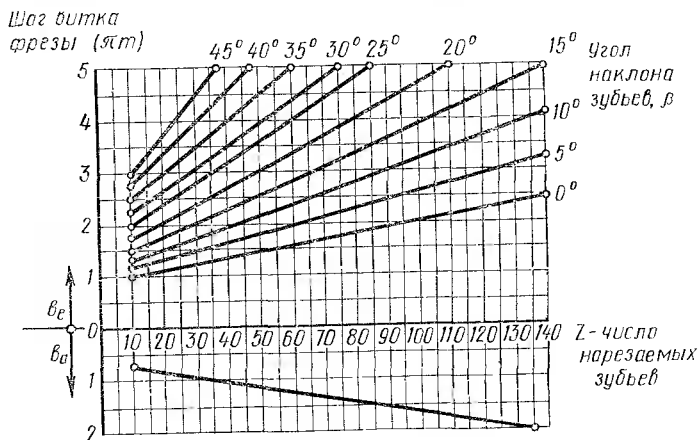


Рис. 25. График распределения рабочей длины червячной зуборезной фрезы

ма винтовой линии витка червячной фрезы, обозначаемого ω :

$$\left(\operatorname{tg} \omega = \frac{m \cdot K}{D_{\text{фр}} - 2,4 m} \right), \quad \text{и угла наклона зуба } \beta \text{ нарезаемого колеса.}$$

В табл. 16 показаны варианты установки суппорта.

15. Нормы точности установки приспособления, заготовки и инструмента [1]

Параметры отклонения	Диаметр нарезаемых колес, мм	Степень точности колес по ГОСТ 1643—72				
		5-я	6-я	7-я	8-я	9-я
		Допускаемые биения, мкм				
Радиальное биение центрирующей оправки приспособлений	100 ... 500	10	15	20	30	50
	500 ... 1000	15	20	30	40	80
	Св. 1000	—	25	40	50	100
Торцовое биение опорной поверхности приспособления	100 ... 500	5	10	15	30	50
	500 ... 1000	8	12	20	40	80
	Св. 1000	—	15	30	50	100
Биение базового торца заготовки нарезаемого колеса	100 ... 500	15	25	35	55	90
	500 ... 1000	20	45	50	85	140
	1000 ... 2000	—	—	65	100	190
	2000 ... 5000	—	—	—	150	240
Радиальное биение наружного цилиндра заготовки	100 ... 500	15	25	35	55	90
	500 ... 1000	20	35	50	85	140
	1000 ... 2000	—	—	65	100	190
	2000 ... 5000	—	—	—	150	240
Радиальное биение шеек заготовки типа вал — шестерни	100 ... 500	15	25	35	55	90
	500 ... 1000	20	35	55	85	140
	1000 ... 1800	—	—	65	100	160
	—	5	15	25	35	50
Радиальное биение фрезерной оправки	—	10	20	30	40	60
Радиальное биение буртиков фрезы	—	10	20	30	40	60

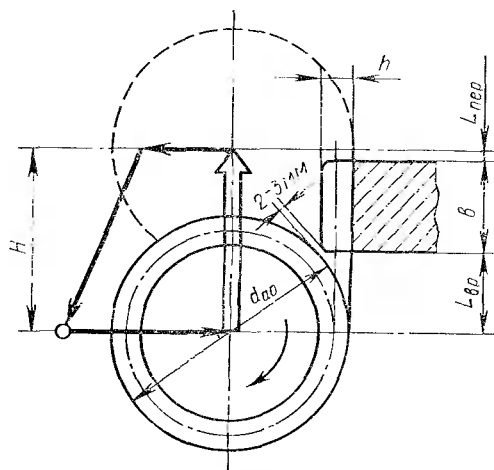


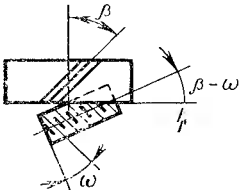
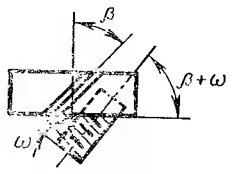
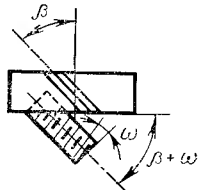
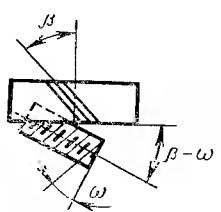
Рис. 26. Схема однопроходного цикла нарезания зубьев червячной фрезой

Для получения более высоких результатов по качеству зубофрезерования рекомендуется обрабатывать зубчатые колеса с правым направлением зубьев и углами наклона свыше 10° правозаходными фрезами, а с левым направлением зуба — левозаходными.

Точность установки угла поворота суппорта $3 \dots 5$ мин при нарезании зубчатых колес 6... 7-й степени точности по ГОСТ 1643—72.

Установка глубины фрезерования и величины продольного хода: при нарезании зубчатых колес с однопроходным циклом глубина фрезерования h (рис. 26) определяется глубиной зуба за вычетом припуска на последующую обработку $h = (2,25 \dots 2,35)m - 1,37 \Delta S$, где m — модуль нарезаемого колеса; ΔS — припуск на толщину зуба, оставляемый под последующую обработку.

16. Установка суппорта на угол

Направление зуба нарезаемого колеса	Заходность червячной фрезы	Эскиз установки суппорта
Правое	Правозаходная	
	Левозаходная	
Левое	Правозаходная	
	Левозаходная	

Червячную фрезу сначала необходимо вручную подвести к заготовке в середине ее венца до касания и в этом положении лимб около валика подвода установить на ноль. Затем нажатием толчковой кнопки на пульте опустить фрезу вниз, вручную подвести к заготовке на величину h и снова поднять фрезу, не доходя до венца заготовки на 2...3 мм. В этом положении следует установить упор нижнего положения суппорта. В верхнем положении ось фрезы должна находиться выше венца на величину перебега, составляющую для прямозубых

колес величину осевой подачи, но не менее 2...3 мм, а для косозубых колес, определяемую по формуле $L_{\text{пер}} = 3 m \cdot \text{tg } \gamma + (2...3) \text{ мм}$, где γ — угол установки суппорта.

§ 9. Основные части и настройка зубофрезерного полуавтомата 5В312

Зубофрезерный полуавтомат 5В312 предназначен для нарезания зубьев цилиндрических колес в условиях серийного и крупносерийного производства. Компоновка полуавтомата с подвижным в вертикальном направлении столом и открытой зоной обработки позволяет легко оснащать его различными грузозахватными устройствами и использовать как автомат (см. гл. XII).

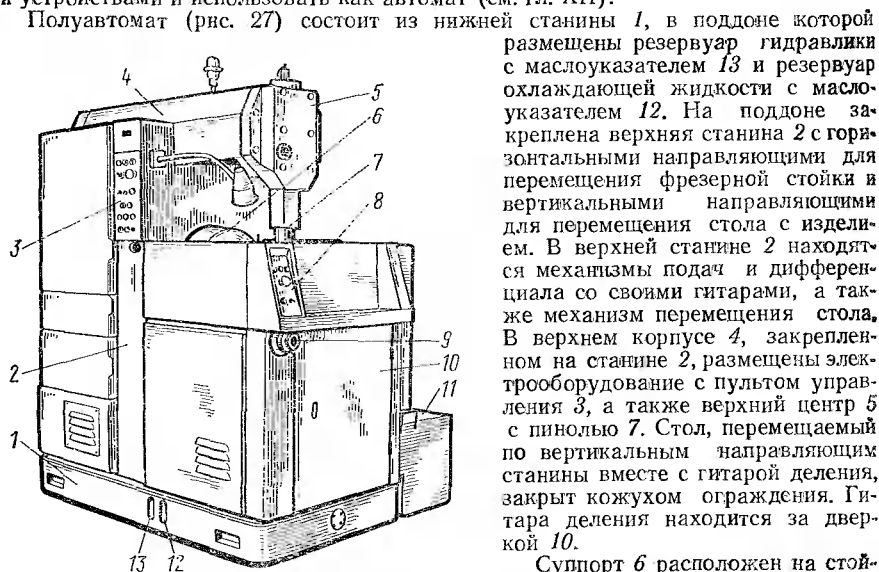


Рис. 27. Зубофрезерный полуавтомат 5В312:

1 — поддон станины, 2 — станина, 3 — наладочный пульт управления, 4 — верхний корпус, 5 — контрподдержка, 6 — суппорт, 7 — виниль, 8 — пульт управления циклом, 9 — лимб настройки межосевого расстояния, 10 — ограждение стола, 11 — ящик сбора стружки, 12 и 13 — маслоуказатели

Полуавтомат (рис. 27) состоит из нижней станины 1, в поддоне которой размещены резервуар гидравлики с маслоуказателем 13 и резервуар охлаждающей жидкости с маслоуказателем 12. На поддоне закреплена верхняя станина 2 с горизонтальными направляющими для перемещения фрезерной стойки и вертикальными направляющими для перемещения стола с изделием. В верхней станине 2 находятся механизмы подачи и дифференциала со своими гитарами, а также механизм перемещения стола. В верхнем корпусе 4, закрепленном на станине 2, размещены электрооборудование с пультом управления 3, а также верхний центр 5 с пинолью 7. Стол, перемещаемый по вертикальным направляющим станины вместе с гитарой деления, закрыт кожухом ограждения. Гитара деления находится за дверкой 10.

Суппорт 6 расположен на стойке и перемещается вместе с ней при вращении валика 9. Частота вращения инструмента настраивается сменными шкивами, находящимися за дверкой сзади полуавтомата.

При настройке полуавтомата 5В312 необходимо произвести следующие операции: установить сменные шкивы в главном приводе.

де, настроить гитары деления, дифференциала и подач, установить инструмент и изделие, повернуть суппорт на соответствующий угол, установить межосевое расстояние, направление подачи, а также упоры длины фрезерования и осевого смещения фрезы.

Основные наладочные операции производятся аналогично описанным в § 8. Настройка гитар осуществляется исходя из особенностей кинематики станка.

Кинематическая схема полуавтомата (рис. 28) состоит из следующих кинематических цепей: главного движения, деления, дифференциала и подачи.

Цепь главного движения связывает вращение главного электродвигателя (М1) мощностью 7,5 кВт с вращением инструмента (Ип). Настройка цепи производится по формуле

$$n_{\text{фр}} = \frac{D_1}{D_2} 362,$$

где D_1 и D_2 — диаметры сменных шкивов.

Кинематическая цепь дифференциала настраивается при обработке косозубых колес. Расчетная формула настройки

$$i_{\text{диф}} = \frac{6 \cdot \sin \beta}{m_n \cdot K} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2},$$

где a_2, b_2, c_2, d_2 — числа зубьев сменных колес; β — угол наклона зубьев параземного колеса; K — заходность фрезы. Расчет передаточного отношения производится до седьмого знака после запятой. Сменные колеса подбираются по таблицам [9].

Условия сцепляемости сменных зубчатых колес гитары дифференциала:

$$a_2 + b_2 + c_2 + d_2 > 225,$$

$$a_2 + b_2 > 105,$$

$$a_2 + b_2 > c_2 + 26,$$

$$c_2 + d_2 > b_2 + 26.$$

При использовании в гитаре дополнительного зубчатого колеса g следует учитывать следующие условия сцепляемости:

$$a_2 + g > 115; a_2 + 2g + b_2 < 245; b_2 + g > c_2 + 26.$$

Кинематическая цепь подачи связывает вращение электродвигателя подачи (М2) с перемещением стола от ходового винта. Настройка цепи производится по формуле

$$i_{\text{под}} = \frac{s}{28} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1},$$

где s — настраиваемая величина подачи, мм/мин; a_1, b_1, c_1, d_1 — числа зубьев сменных колес.

Таблица подач от 2,45 до 124 мм/мин приведена в руководстве по эксплуатации полуавтомата.

§ 10. Основные части и настройка зубофрезерного универсального полуавтомата 53А50

Зубофрезерный универсальный полуавтомат 53А50 предназначен для нарезания зубьев цилиндрических и червячных колес в условиях мелкосерийного и серийного производства. Полуавтомат (рис. 29) состоит из станины 1, в которой размещены гидропривод, привод смазки, транспортер стружки, коробка главного привода с электродвигателем и резервуары гидросистемы и охлаждения. С левой стороны на станине жестко закреплена стойка 10, а с правой на V-образных направляющих перемещается стол 17. На передней стенке станины размещены: слева коробка скоростей 2, справа коробка с конечными выключателями и сигнальными лампами 23. В стойке 10 находятся механизмы гитар деления и дифференциала. На передней стенке стойки расположены коробка распределения движений 4 и пульт управления 7. По вертикальным направляющим стойки перемещается каретка 12 с фрезерным суппортом 14, поворот которого производится вращением валика 13. Задняя стойка 16 закреплена на столе 17. Контрподдержка 15 перемещается по вертикальным направляющим задней стойки от гидроцилиндра, управляемого рукояткой 18. На переднюю стенку корпуса стола выведены: рукоятка 19 — лубрикатора смазки, валик 20 перемещения стола, валик 21 перемещения упора стола и упоры 22 ограничения хода стола.

При наладке полуавтомата необходимо произвести следующие операции: настроить гитары главного привода, деления, дифференциала и подачи, установить инструмент и заготовку, повернуть суппорт на угол, установить упоры на карет-

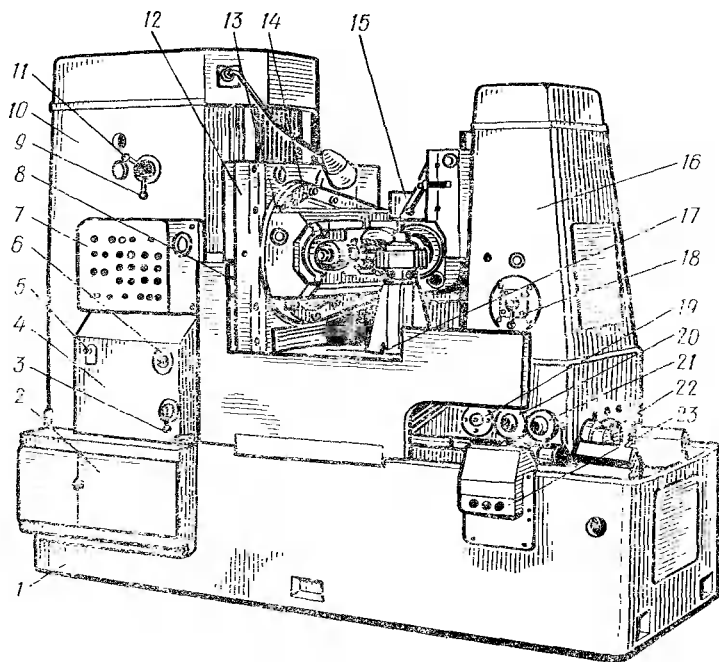


Рис. 29. Зубофрезерный универсальный полуавтомат 53А50:

1 — станина, 2 — коробка скоростей, 3 — рукоятка включения вертикальной подачи, 4 — коробка распределения движений, 5 — смазка суппорта, 6 — квадрат перемещения каретки, 7 — пульт управления, 8 — упоры, 9 — рукоятка реверса тангенциальной подачи, 10 — стойка, 11 — рукоятка блока тангенциальной подачи, 12 — каретка, 13 — квадрат поворота суппорта, 14 — суппорт, 15 — контрподдержка, 16 — стойка задняя, 17 — стол, 18 — рукоятка управления контрподдержкой, 19 — смазка, 20 — рукоятка перемещения стола, 21 — рукоятка перемещения упора стола, 22 — упоры стола, 23 — сигнальные лампы

ке суппорта и столе, установить в соответствующее положение переключатели на пульте управления.

Настройка гитар осуществляется исходя из особенностей кинематики полуавтомата 53А50, кинематическая схема которого (рис. 30) состоит из следующих основных цепей: главного движения, деления, дифференциала и подачи.

Цепь главного движения приводится во вращение от трехскоростного главного электродвигателя (М1) мощностью 8/10/12,5 кВт. Частота вращения фрезы настраивается сменными зубчатыми колесами a_3 и b_3 . На рис. 31 приведен график настройки частоты вращения фрезы при различном сочетании частот вращения главного электродвигателя и набора сменных зубчатых колес гитары скоростей.

При настройке полуавтомата на нарезание малого числа зубьев частота вращения фрезы не должна превышать значений, определяемых формулой

$$n_{фр} \leq \frac{8 \cdot z}{K}.$$

Например, при нарезании зубчатого колеса с числом зубьев $z=12$ одноза-

Гы-

KKK

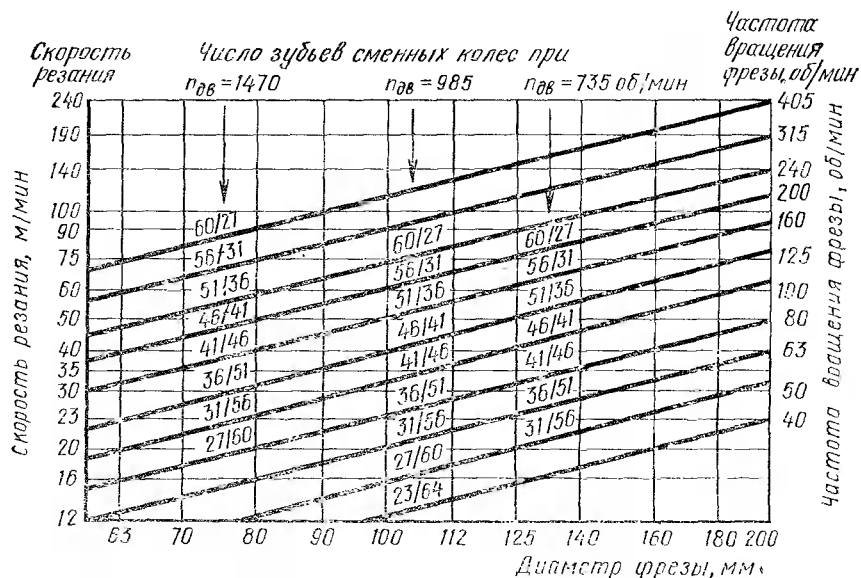


Рис. 31. Номограмма частоты вращения фрезы

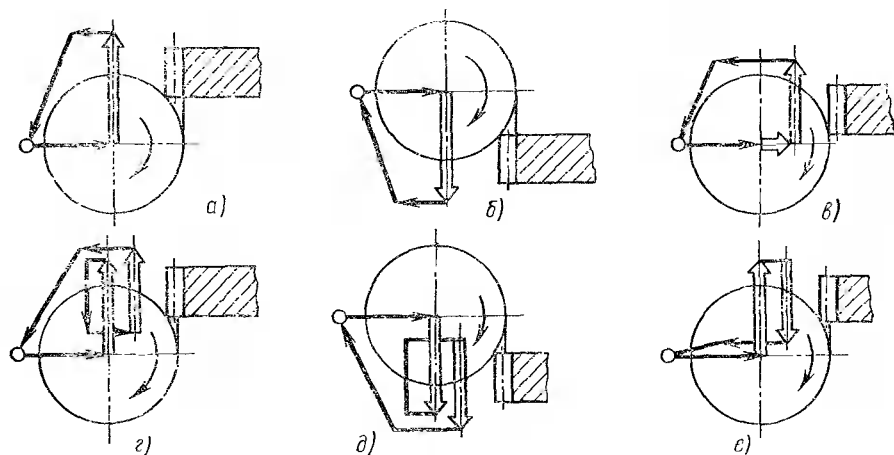


Рис. 32. Циклы зубофрезерования цилиндрических колес:

а — однопроходный с попутной подачей, *б* — однопроходный со встречной подачей, *в* — однопроходный с радиальным врезанием и попутной подачей, *г* — двухпроходный с попутной подачей, *д* — двухпроходный со встречной подачей, *е* — двухпроходный с попутной и встречной подачами

Кинематическая цепь дифференциала настраивается при нарезании косозубых колес. Формула настройки

$$i_{\text{диф}} = \frac{7,95775 \cdot \sin \beta}{m_n \cdot K} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$$

Подбор сменных зубчатых колес a_1, b_1, c_1, d_1 производится по таблицам [9], а их сцепляемость проверяется по формулам $a_1 + b_1 \geq c_1 + 25$; $c_1 + d_1 \geq b_1 + 25$.

Цепь подачи связывает вращение заготовки (Заг) с ходовым винтом радиальной подачи или ходовым винтом продольной подачи (оба 10×1). Гитара подачи настраивается по формуле сцепляемости $a_4 + b_4 = 96$ (продольные подачи 0,75 . . . 7,5 мм/об, радиальные 0,22 . . . 2,75 мм/об), где a_4, b_4 — числа зубьев сменных колес.

На полуавтомате можно осуществить нарезание цилиндрических колес с однопроходным или двухпроходным циклом методом попутной, встречной или смешанной подачи, как показано на рис. 32.

§ 11. Основные части и настройка тяжелого зубофрезерного полуавтомата 5А342П

Универсальный зубофрезерный полуавтомат 5А342П предназначен для нарезания зубьев крупных цилиндрических и червячных колес. На полуавтомате могут быть нарезаны: прямозубые и косозубые колеса наружного зацепления червячной, дисковой или пальцевой фрезой; такие же колеса внутреннего зацепления червячной фрезой — «улиткой», дисковой и пальцевой фрезой; червячные колеса с радиальной или осевой подачами фрезы; шевронные зубчатые колеса с канавкой для выхода фрезы и без канавки; прямозубые колеса с малым углом конуса при вершине и прямозубые колеса с бочкообразным зубом.

Полуавтомат 5А342П (рис. 33) состоит из станины 1, к одной стороне которой прикреплена коробка настроек 5, а к другой — стол 18. По горизонтальным прямоугольным направляющим станины перемещается стойка 10, несущая на се-

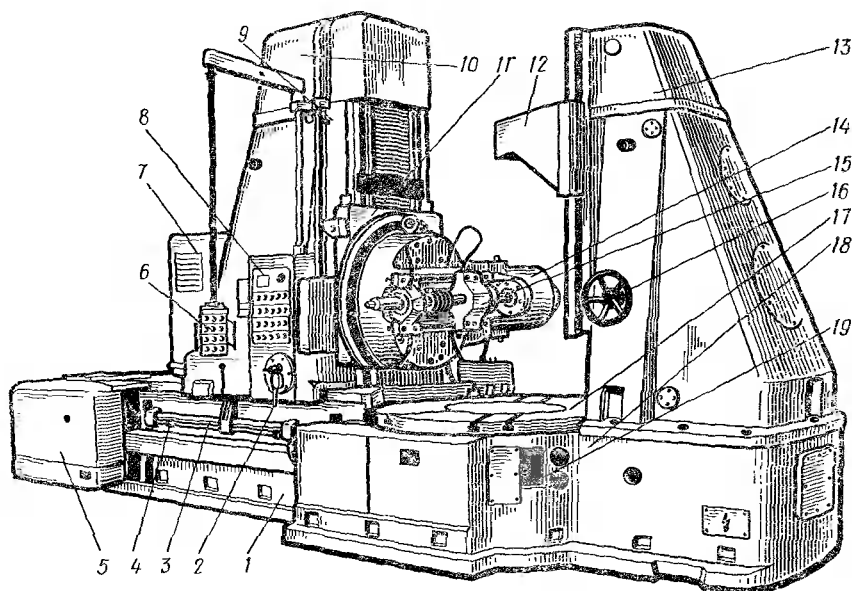


Рис. 33. Зубофрезерный полуавтомат 5А342П:

1 — станина, 2 — рукоятка включения подачи, 3 — линейка, 4 — упоры, 5 — коробка настроек, 6 — вспомогательный пульт, 7 — гитара скоростей, 8 — главный пульт, 9 — упоры хода салазок, 10 — стойка, 11 — салазки суппорта, 12 — контрподдержка, 13 — стойка задняя, 14 — главный суппорт, 15 — главный подшипник суппорта, 16 — маховичок перемещения контрподдержки, 17 — планшайба стола, 18 — стол, 19 — смотровые окна

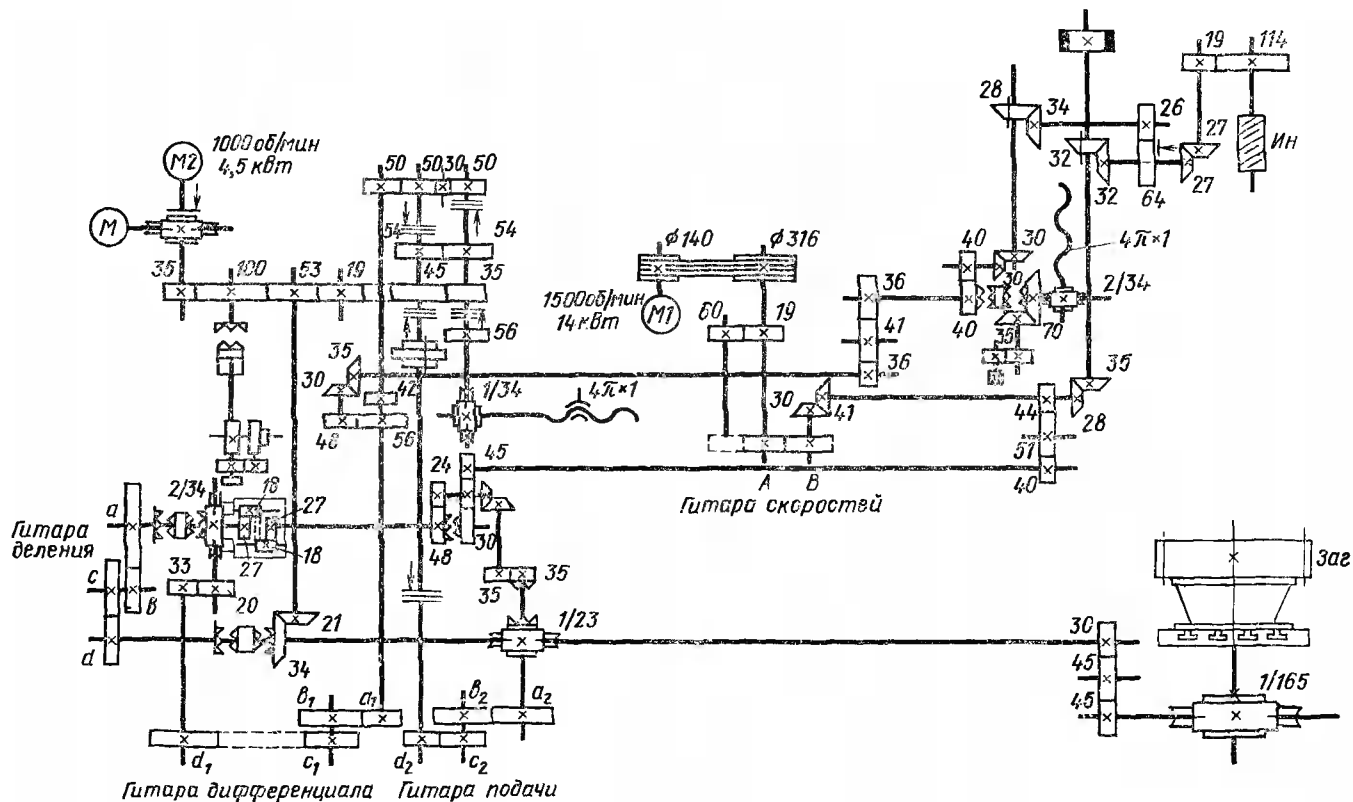


Рис. 34. Кинематическая схема тяжелого зубофрезерного полуавтомата 5А342П

бе салазки 11 с главным суппортом 14. Между направляющими станины проходят шлицевые валы передачи движения от коробки настроек на вертикальный ходовой винт стойки и для передачи вращения столу. На передней стенке станины расположена штанга с упорами 4 ограничения хода стойки и линейка 3 для определения расстояния между осями стола и фрезы. На стойке находится главный пульт 8 управления полуавтоматом, а на штанге подвешен вспомогательный пульт 6. Ниже главного пульта расположена рукоятка 2 включения осевой и вертикальной подачи. Справа от главного пульта проходит штанга с делениями, показывающими расстояние центра суппорта от поверхности стола, и штанга, по которой перемещаются упоры 9 ограничения хода салазок. Сзади к стойке прикреплены коробка гитары скоростей 7 и главный электродвигатель.

Стол 18 состоит из массивного основания и планшайбы 17. На выступающую часть основания устанавливают поддерживающую стойку 13 с контрподдержкой 12, которую можно перемещать маховиком 16. Планшайба вращается на плоских круговых направляющих с гидростатической разгрузкой. Контроль за состоянием делительной червячной пары стола производится через смотровые окна 19. Главный суппорт может поворачиваться вокруг центральной оси на 220°; главный подшипник 15 суппорта перемещается вдоль оси шпинделя для установки фрезы в требуемое осевое положение.

Кинематическая схема полуавтомата 5А342П (рис. 34) состоит из следующих кинематических цепей: главного движения, деления, дифференциала, подач, реверса стола при нарезании шевронных колес, а также колес с малым конусом и бочкообразным зубом.

Цель главного движения связывает вращение инструмента ($И_n$) с вращением главного электродвигателя ($М_1$) мощностью 14 кВт. Настройка цепи производится сменными зубчатыми колесами А и В. Для инструмента различного типа пределы частоты вращения приведены в табл. 18.

18. Частота вращения инструмента

Тип инструмента	Предел частоты вращения, об/мин
Червячная фреза	6 . . . 75
Дисковая фреза	8 . . . 100
Пальцевая фреза	40,3 . . . 585

Кинематическая цепь деления настраивается сменными зубчатыми колесами a , b , c , d по формулам, приведенным в табл. 19.

19. Настройка гитары деления

Тип инструмента	Число нарезаемых зубьев, z	Формула настройки гитары $i_{\text{дел}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$
Червячная фреза	15 . . . 300	$\frac{20 \cdot K}{z}$
Червячная фреза	301 . . . 650	$\frac{60 \cdot K}{z}$
Дисковая или пальцевая фреза	15 . . . 250	$\frac{25}{z}$

Таблица настроек гитары деления для однозаходной фрезы ($K=1$) дана в руководстве по эксплуатации полуавтомата.

Кинематическая цепь дифференциала настраивается сменными зубчатыми колесами a_1, b_1, c_1, d_1 при нарезании косозубых колес как по методу обката, так и по методу единичного деления. Формулы настройки приведены в табл. 20.

20. Настройка гитары дифференциала

Нарезаемое зубчатое колесо	Тип инструмента	Формула настройки гитары $i_{\text{диф}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$
Косозубое цилиндрическое колесо	Червячная фреза	$\frac{15 \cdot \sin \beta}{K \cdot m_n}$
	Дисковая или пальцевая модульная фреза	$\frac{12 \cdot \sin \beta}{m_n}$
Шевронное зубчатое колесо	Пальцевая модульная фреза	$\frac{3 \cdot L \cdot \sin \beta}{10\pi \cdot m_n}$
Червячное колесо	Червячная фреза	$\frac{15}{4 \cdot K \cdot m_{oc}}$

Примечание. L — расстояние между вершинами полушевронов; m_n — нормальный модуль цилиндрических колес; m_{oc} — осевой модуль червячных колес.

Кинематическая цепь подачи связывает вращение электродвигателя (М2) мощностью 4,5 кВт с перемещением каретки фрезерного суппорта от ходового винта $4\pi \times 1$ или стола от другого ходового винта $4\pi \times 1$.

Настройка цепи производится сменными зубчатыми колесами a_2, b_2, c_2, d_2 . Величины подач для различного типа инструмента приведены в табл. 21.

21. Настройка подач

Тип инструмента	Вид подачи	Предел величины подачи, мм/об
Червячная фреза	Продольная вдоль оси изделия	0,32 . . . 15,4
	Осевая вдоль оси инструмента	0,125 . . . 3,2
	Радиальная	0,16 . . . 7,7
Дисковая модульная фреза	Продольная	0,28 . . . 9,2
Пальцевая модульная фреза	»	0,30 . . . 2,0

Во избежание преждевременного затупления фрез не рекомендуется выбирать слишком малые подачи. С этой же целью предпочтительно нарезать зубья по методу попутного фрезерования, при котором более равномерно распреде-

ляются нагрузки между зубьями фрезы, уменьшается смятие металла, повышается класс шероховатости обработанных зубьев.

Фрезерование бочкообразных зубьев и зубьев с малым углом конуса производится с применением электрокопировальной системы. Копир для бочкообразного зуба имеет радиусную форму рабочей поверхности, определяемую по формуле

$$R_k = R_1 - h_f + \frac{da_0}{2},$$

где R_1 — радиус кривизны делительного цилиндра нарезаемого зубчатого колеса; h_f — высота ножки зуба; da_0 — наружный диаметр фрезы. Копир для конусного зуба имеет прямолинейную рабочую поверхность.

§ 12. Режимы обработки при зубофрезеровании

Назначение рационального режима резания при зубофрезеровании заключается главным образом в выборе наиболее выгодного сочетания скорости резания и подачи, обеспечивающих в данных условиях наибольшую производительность обработки и наименьшую стоимость операции. Для уменьшения машинного времени следует работать с возможно большей технологически допустимой подачей и соответствующей этой подаче скоростью резания. При черновом нарезании зубчатых колес высокие требования к шероховатости обработанной поверхности зубьев обычно не предъявляются, точность также невысокая (в пределах степени 8...10 по ГОСТ 1643—72). При чистовом нарезании зубьев требования к шероховатости их поверхности находятся в пределах $Rz40 \dots Ra1,25$. В зависимости от вида обработки выбирается класс точности инструмента.

В табл. 22 приведен выбор класса точности червячной фрезы.

Выбор глубины резания и числа ходов. Черновое нарезание зубьев колес следует производить за один рабочий ход инструмента. Исключение представляет случай, когда мощность станка или жесткость техноло-

22. Выбор класса точности и числа заходов червячной модульной фрезы [5]

Вид обработки		Класс точности фрезы	Модуль	
			от 2,75 до 12 мм	до 2,5 и свыше 12 мм
			Число заходов	
Черновая обработка	Под зубодолбление и вторичное зубофрезерование	C	2 или 3	1
	Под шлифование	B		
	Под шевингование	A		
Чистовая обработка		AAA AA A B	1	1

гической системы станка оказывается недостаточной для нарезания зубьев за один рабочий ход. В этом случае на первом рабочем ходе глубина резания составляет 1,4 модуля, на втором 0,7 модуля. Чистовое нарезание зубчатых колес производится, как правило, за два рабочих хода. Первый рабочий ход — черновой, а второй — чистовой с радиальным припуском 0,1...0,15 мм.

Выбор подачи. Величина технологически допустимой подачи выбирается с учетом заданного качества обрабатываемой поверхности, точности зубьев, мощности станка и количества нарезаемых зубьев.

В табл. 23 и 24 приведены подачи, а в табл. 25 — поправочные коэффициенты для измененных условий работы.

23. Подачи при нарезании зубчатых колес червячными однозаходными фрезами [7]

Характер обработки	Материал	Модуль m , мм, до	Мощность привода станка, кВт				
			1,5...2,8	3...4	5...9	св. 9	
			Подача на один оборот детали S_0 , мм/об				
Черновое нарезание	Сталь 45	1,5	0,8...1,2	1,4...1,8	1,6...1,8	—	
		2,5	1,2...1,6	2,4...2,8	2,4...2,8	2,4...2,8	
		4	1,6...2,0	2,6...3,0	2,8...3,2	2,8...3,2	
		6	1,2...1,4	2,2...2,6	2,4...2,8	2,6...3,0	
		8	—	2,0...2,2	2,2...2,6	2,4...2,8	
		12	—	—	2,0...2,4	2,2...2,6	
	Чугун серый	1,5	0,9...1,3	1,6...2,2	1,8...2,2	—	
		2,5	1,3...1,8	2,6...3,0	2,6...3,0	2,6...3,2	
		4	1,8...2,2	2,8...3,2	3,0...3,5	3,0...3,5	
		6	1,3...1,6	2,4...3,0	2,6...3,0	2,8...3,3	
		8	—	2,2...2,4	2,5...2,8	2,6...3,0	
		12	—	—	2,2...2,8	2,4...2,8	
Чистовое нарезание по сплошному металлу	Сталь 45	1,5...2	1,0...1,2		Шероховатость поверхности $Rz20...Rz40$		
		3	1,2...1,8				
	Чугун серый	1,5...2	0,5...0,8		$Ra2,5$		
		3	0,8...1,0				
		Чугун серый	1,5...2	1,2...1,4		$Rz20...Rz40$	
			3	1,4...1,8			
Чистовое нарезание по предварительно прорезанному зубу	Сталь и чугун серый	—	2,0...2,5		$Rz20...Rz40$		
		—	0,7...0,9		$Ra2,5$		

**24. Подачи при нарезании зубчатых колес
червячными многозаходными фрезами [7]**

Характер обработки	Материал	Модуль m , мм, до	Мощность привода станка, кВт			
			1,5...2,8	3...4	5...9	св. 9
			Подача на один оборот детали s_n , мм/об			
Черновое нарезание двухзаходными фрезами	Сталь 45	2,5	1,0...1,2	1,8...2,0	1,8...2,0	1,8...2,0
		4	1,2...1,5	2,0...2,4	2,0...2,4	2,0...2,4
		6	1,0...1,1	1,6...2,0	1,8...2,1	2,0...2,3
		8	—	1,5...1,7	1,7...2,0	1,8...2,0
		12	—	—	1,5...1,8	1,7...2,0
	Чугун серый	2,5	1,1...1,3	2,0...2,2	2,0...2,2	2,0...2,4
		4	1,3...1,7	2,0...2,4	2,3...2,4	2,3...2,6
		6	1,1...1,2	1,8...2,2	2,0...2,3	2,1...2,5
		8	—	1,6...1,8	1,9...2,2	2,0...2,3
		12	—	—	1,6...2,0	1,8...2,1
	Сталь 45	2,5	0,8...1,0	1,6...1,8	1,6...1,8	1,6...1,8
		4	1,0...1,3	1,8...2,2	1,8...2,2	1,8...2,2
		6	0,8...0,9	1,4...1,7	1,6...1,9	1,8...2,0
		8	—	1,3...1,4	1,5...1,7	1,6...1,8
		12	—	—	1,3...1,6	1,5...1,8
	Чугун серый	2,5	1,6...1,8	1,8...2,0	1,8...2,0	1,8...2,2
		4	1,8...2,0	1,8...2,2	2,0...2,4	2,0...2,4
		6	1,4...1,8	1,6...2,0	1,8...2,1	2,0...2,3
		8	0,9...1,3	1,4...1,6	1,7...2,0	1,8...2,0
		12	—	—	1,4...1,8	1,7...2,0

**25. Поправочные коэффициенты на подачу
для измененных условий работы [7]**

В зависимости от механической характеристики стали

Марка стали	Твердость НВ	Коэффициент K_{Ms}
35	156...187	1,0
45	170...207	
45	До 241	0,9
30Х, 40Х	156...207	1,0
12ХН4А, 20ХНМ, 18ХГТ, 20Х	156...229	0,9
30ХГТ	156...207	
18ХНВА, 38ХМЮА	156...229	0,8
5ХНМ	229...285	0,7

В зависимости от угла наклона зубьев

Угол наклона зубьев β , град	Коэффициент $K_{\beta s}$	
	Одноименный наклон зуба колеса и витков фрезы	Разноименный наклон зуба колеса и витков фрезы
0	1,0	1,0
15	0,90	0,75
30	0,80	0,65
45	0,65	0,50
60	0,45	0,35

Определение скорости резания. Скорость резания определяется по табл. 26 и 27 в зависимости от характера обработки, выбранного значения подачи и модуля нарезаемого колеса.

Для повышения производительности зубофрезерования и увеличения стойкости червячных фрез в нормативах предусматриваются осевые перемещения фрезы за время ее работы между двумя переточками. Необходимые данные приведены в табл. 28. Поправочные коэффициенты на скорость резания и мощность для измененных условий работы даны в табл. 29.

Пример определения режимов резания при зубофрезеровании

Нарезается цилиндрическое зубчатое колесо со следующими параметрами: модуль $m=4$ мм, число зубьев $z=33$, угол наклона зубьев $\beta=30^\circ$, направление зубьев — правое, материал — сталь 40X.

26. Скорость резания и мощность при обработке сталей червячными однозаходными фрезами [7]

Характер обработки	Подача s_z , мм/об	Модуль нарезаемого зуба m , мм, до								
		3	4	6	8	12	4	6	8	12
		Скорость резания v , м/мин					Мощность N , кВт			
Черновое нарезание под последующую обработку	0,6	—	—	58	48	40	—	0,7	0,8	1,2
	0,8	57	57	50	41	35	0,7	0,8	0,9	1,4
	1,1	48	48	42	35	30	0,8	0,9	1,1	1,6
	1,5	42	42	36	30	25,5	0,9	1,0	1,2	1,8
	2,0	36	36	32	26	22	1,1	1,2	1,5	2,0
	2,8	30,5	30,5	27	22	18,7	1,2	1,4	1,6	2,3
	3,7	26,5	26,5	23	19,2	16,2	1,4	1,6	1,8	2,6
	5,0	23	23	20	16,6	14	1,6	1,8	2,1	2,9
Чистовое нарезание по сплошному металлу	До 0,7	60								
	0,9	48								
	1,1	41	—				—			

Характер обработки	Подача s_z , мм/об	Модуль нарезаемого зуба m , мм, до								
		3	4	6	8	12	4	6	8	12
		Скорость резания v , м/мин					Мощность N , кВт			
	1,3 1,6 2,0 2,5	35 29 24,5 20	—			—				
Чистовое нарезание по прорезанному зубу до ше- роховатости $Rz20 \dots Rz40$	2,0 ... 2,5	22...24			—					
Чистовое нарезание по прорезанному зубу до ше- роховатости $Ra2,5$	0,7 ... 0,9	18...22			—					

**27. Скорость резания и мощность при обработке сталей
червячными многозаходными фрезами [7]**

Характер обработки	Подача s_z , мм/об	Модуль нарезаемого зуба m , мм, до							
		4	6	8	12	4	6	8	12
		Скорость резания v , м/мин				Мощность N , кВт			
Черновое наре- зание двухзаход- ными фрезами	0,6	56,5	49,5	41	34,5	0,9	1,1	1,3	1,9
	0,8	49	42,5	35,5	30	1,1	1,3	1,4	2,2
	1,1	41,5	36	30	25,5	1,3	1,4	1,8	2,6
	1,5	35,5	31,5	26	22	1,4	1,6	1,9	2,9
	2,0	30,5	27	22	18,7	1,8	2,0	2,4	3,2
	2,8	26,5	23	18,7	16	1,9	2,2	2,6	3,8
	3,7	22,5	19,5	16,3	14	2,3	2,6	2,9	4,3
Черновое наре- зание трехзаход- ными фрезами	0,6	50	43,5	36	30,5	1,2	1,4	1,6	2,2
	0,8	43	37,5	31	26	1,4	1,6	1,8	2,8
	1,1	36,5	32	26,5	22,5	1,6	1,8	2,2	3,2
	1,5	31,5	27,5	25	19,1	1,8	2,0	2,4	3,6
	2,0	27	24	19,5	16,5	2,2	2,4	3,0	4,0
	2,8	23	20	16,5	14,1	2,4	2,8	3,2	4,0
	3,7	20	17,2	14,5	12,2	2,8	3,2	3,6	5,2

**28. Осевые перемещения червячной фрезы за время работы
между двумя переточками при нарезании прямозубых колес [7]**

Модуль нарезаемого зубчатого колеса, мм	Число нарезаемых зубьев						
	12	20	30	40	60	80	120
	Количество осевых перемещений фрезы						
1	13	10	8	7	6	5	4
2	9	7	5	4	4	3	2
3	7	5	4	3	3	2	1
4	7	5	4	3	3	2	1
5	7	5	4	3	2	2	1
6	6	4	3	3	2	1	1
7	6	4	3	3	2	1	1
8	5	4	3	2	2	1	1
9	5	4	3	2	2	1	1
10	5	4	3	2	2	1	1
11	5	3	3	2	1	1	—

**29. Поправочные коэффициенты на скорость резания
и мощность для измененных условий работы [7]**

В зависимости от механической характеристики стали

Марка стали	Твердость НВ	Коэффициенты	
		на скорость K_{Mv}	на мощность K_{MN}
35	156 ... 187	1,1	1,0
45	170 ... 207 До 241	1,0 0,8	
50	170 ... 229	0,9	
35X, 40X	156 ... 207	1,0	
12XН4А, 20XНМ, 18ХГТ, 20X, 12XН3А	156 ... 229	0,9	
30ХГТ	156 ... 207	0,8	
18ХНВА, 38ХМЮА, ХНМ 6ХНМ	156 ... 229 229 ... 285	0,8 0,6	0,9

В зависимости от количества осевых перемещений фрезы

Количество перемещений ω	Коэффициент $K_{\omega v} = K_{\omega N}$	
	Черновая обработка	Чистовая обработка
0	1,0	1,0
1	1,1	
2	1,2	
3 и более	1,2	

В зависимости от угла наклона зубьев

Угол наклона зубьев β , град	Коэффициент $K_{\beta v} = K_N$	Угол наклона зубьев β , град	Коэффициент $K_{\beta v} = K_{\beta N}$
0	1,0	45	0,8
15	1,0	60	0,7
30	0,95		

В зависимости от количества рабочих ходов

Количество рабочих ходов	Коэффициенты	
	на скорость K_v	на мощность K_N
Один рабочий ход	1,0	1,0
Два рабочих хода	первый рабочий ход	1,0
	второй рабочий ход	0,4

Станок — универсальный зубофрезерный полуавтомат 5В312, наибольший обрабатываемый модуль 6 мм, мощность главного привода 7,5 кВт.

Инструмент — червячная правая двухзаходная фреза из стали Р18, диаметр $d_{a0}=80$ мм.

Операция — черновое за один ход фрезерование зубьев под долбление.

Выбор подачи. По табл. 24 величина подачи при черновом нарезании колеса модуля 4 мм из стали 45 для станков с мощностью главного привода 5...9 кВт составляет $s_0=2,4$ мм/об.

По табл. 25 поправочные коэффициенты на подачу $K_{Ms}=1,0$; для стали 40Х $K_{\beta s}=0,8$ для угла наклона зуба 30° . При этом нормативная подача будет $s_{0н}=2,4 \cdot 1,0 \cdot 0,8=1,92$ мм/об.

Настраиваемая подача принимается $s_0=2$ мм/об.

Установление скорости резания. По табл. 27 для нарезаемого модуля $m=4$ мм и при подаче $s_0=2$ мм/об при двухзаходной фрезе нормативная скорость резания составляет $v_n=30,5$ м/мин.

По табл. 28 определяется число осевых перемещений фрезы: $\omega=4$.

По табл. 29 определяются поправочные коэффициенты: $K_{Mv}=1,0$ для стали 40Х; $K_{\omega v}=1,2$ $K_{\beta v}=0,95$ для $\beta=30^\circ$; $K_v=1$ для одного хода.

При этом уточненная нормативная скорость резания будет равна $v_n=30,5 \times 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,95 \cdot 1,0=34,8$ м/мин.

Определение частоты вращения фрезы производится по нормативной скорости резания v_n и диаметру фрезы d_{a0} :

$$n_{фр} = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot d_{a0}} = \frac{1000 \cdot 34,8}{3,14 \cdot 80} = 137 \text{ об/мин.}$$

Для настройки принимается ближайшее имеющееся на станке значение частоты вращения фрезы: $n_{фр}=125$ об/мин.

При этом фактическая скорость резания будет

$$v = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 125}{1000} = 31,4 \text{ м/мин.}$$

Проверка мощности резания. Нормативная мощность резания по табл. 27 при подаче $s_0=2$ мм/об и модуле нарезаемого колеса $m=4$ мм составляет $N=1,8$ кВт.

По табл. 29 поправочные коэффициенты составляют: $K_{MN}=1,0$; $K_{\omega N}=1,2$; $K_{\beta N}=0,95$; $K_N=1,0$. При этом нормативная мощность на резание составляет $N_n=1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,95=2,05$ кВт.

Мощность на шпинделе полуавтомата 5В312 с учетом коэффициента полезного действия $\eta=0,5$ составляет $7,5 \cdot 0,5=3,75$ кВт, что больше мощности, потребляемой на резание. Следовательно, выбранный режим обработки осуществим.

Режимы резания при нарезании крупномодульных зубчатых колес на тяжелых станках инструментом различного типа приведены в табл. 30, 31 и 32.

30. Режимы резания при нарезании зубчатых колес на тяжелых станках червячными фрезами [3]

Модуль m , мм	Подача s , мм/об	Скорость резания v , м/мин	
8	3 . . . 4,5	22 . . . 24	
12	2,5 . . . 4	21 . . . 23	
16	2 . . . 3,5	20 . . . 25	
22	2 . . . 3	20 . . . 25	
26	1,5 . . . 2	20 . . . 25	
30	1,5	18 . . . 20	

Условия обработки	Поправочные коэффициенты		
	K_s	K_v	
Материал: сталь	35, 45 40X, 30XГТ 38X2MЮA	1,2 1,0 0,8	1,0 1,0 1,0
чугун	HB 250 HB 300	0,7 0,7	0,4 0,7

Число заходов фрезы	1	1	1
	2	0,7	0,75
	3	0,5	0,65

Нарезание: черновое получистовое чистовое	1	1
	1,2	1,2
	1,4	1,4

**31. Режимы резания при черновом нарезании зубьев
крупномодульных колес дисковыми модульными фрезами [3]**

Модуль m мм	Подача s , мм/об	Скорость резания v , м/мин, при твердости заготовок			
		HB 160	HB 190	HB 200	HB 230
14	2...2,5	18	15	12	8
20	1,5...2	21	17	14	9
22...30	2	21	17	14	9
32...40	1,5	25	20	17	10

Примечание. При нарезании косозубых колес подачу следует снизить на 20 ... 30%.

**32. Режимы резания при нарезании зубьев
крупномодульных колес пальцевыми модульными фрезами [3]**

Модуль <i>m</i> мм	Фрезы заточенные				Фрезы острозаточенные	
	Черновой ход		Чистовой ход		подача <i>s</i> мм/об	скорость резания <i>v</i> , м/мин
	подача <i>s</i> , мм/об	скорость резания <i>v</i> , м/мин	подача <i>s</i> , мм/об	скорость резания <i>v</i> , м/мин		
20	0,15	32	0,3	35	0,18	40
24	0,15	32	0,3	35	0,18	40
28	0,20	32	0,3	35	0,25	40
32	0,20	32	0,3	35	0,25	40
36	0,30	27	0,5	32	0,40	35
40	0,30	27	0,7	32	0,40	35
44	0,30	27	0,7	32	0,50	35

Условия обработки		Поправочные коэффициенты	
		K_s	K_v
Материал: сталь конструкционная углеродистая	Твердость НВ	200	1,0
		260	0,6
		300	0,4
	Твердость НВ	200	0,8
		260	0,5
		300	0,3
Нарезание: черновое	Стойкость фрез, мин	60	1,36
		180	1,0
		360	3,85
	Стойкость фрез, мин	60	1,5
		180	1,15
		360	1,0
чистовое			

§ 13. Причины брака при зубофрезеровании и способы его устранения

Нарезанное на зубофрезерном станке зубчатое колесо должно обеспечивать заданные эксплуатационные качества, определяемые степенью его точности. Допуски на контролируемые параметры точности цилиндрических зубчатых колес для степеней от 3-й до 12-й приведены в ГОСТ 1643—72. Превышение указанных в стандарте допусков является браком.

В табл. 33 приведены погрешности, возникающие при нарезании зубчатых колес червячными фрезами, указаны возможные их причины, а также способы устранения.

**33. Погрешности, возникающие при зубофрезеровании,
и способы их устранения**

Характер погрешностей	Возможные причины	Способы устранения
Зуб прямозубого колеса не параллелен оси заготовки	Неточная настройка гитары деления Незакрепление ведомого вала гитары дифференциала Ненадежное крепление заготовки	Проверить установленные сменные колеса гитары деления на число зубьев Закрепить стопором вал Увеличить зажим заготовки
Большая накопленная погрешность окружных шагов нарезаемых колес и большая погрешность разности окружного шага	Неправильное положение заготовки в установочном приспособлении Неправильное зацепление сменных зубчатых колес гитары деления Неточная установка червячной фрезы Большое биение центров стола и контрподдержки	Устранить зазор между оправкой и посадочным отверстием заготовки. Устранить биение оправки и заготовки. Устранить отжим детали хомутиком при работе в центрах Проверить зацепление сменных колес и установить между зубьями зазор 0,05...0,1 мм Проверить радиальное и торцовое биение фрезы Проверить состояние прилегаемых поверхностей фрезы, при необходимости устранить дефекты Довести биение центров до величины, установленной нормативами
Большая погрешность профиля зуба	Плохое качество фрезы (отклонение угла профиля зубьев, неточность шага, непараллельность передней поверхности зубьев, неточность посадочного отверстия и т. д.)	Заменить червячную фрезу, предварительно проверив ее точностные параметры

Характер погрешностей	Возможные причины	Способы устранения
	<p>Радиальное биение фрезы</p> <p>Прогиб и отжим установочного приспособления</p> <p>Погрешность делительной цепи станка</p>	<p>Заново установить фрезу на оправку</p> <p>Проверить надежность закрепления установочного приспособления</p> <p>Проверить зазор сменных зубчатых колес гитары деления</p>
Отклонение направления зубьев, симметричное по обеим сторонам (конусность зубьев)	<p>Непараллельность движения фрезерного суппорта относительно оси вращения стола в продольной плоскости станка</p> <p>Интенсивный износ режущих кромок фрезы за время нарезания одного колеса</p>	<p>Отладить станок на соответствие геометрическим нормам точности по движению фрезерного суппорта</p> <p>Снизить режимы резания</p>
Дробленая поверхность и следы вибрации на нарезаемых зубьях	<p>Большие зазоры в подшипнике, поддерживающем оправку с фрезой и в переднем подшипнике фрезерного шпинделя</p> <p>Большое расстояние между опорами оправки фрезы при малом ее диаметре</p> <p>Недостаточно жесткое крепление заготовки</p> <p>Малое число зубьев фрезы</p> <p>Отсутствие смазки в суппорте или столе</p>	<p>Заменить втулку поддерживающего подшипника и подтянуть подшипник шпинделя</p> <p>Приблизить поддерживающую опору фрезерной оправки к шпинделю</p> <p>Установить заготовку на более жесткое приспособление</p> <p>Для чистовой обработки выбрать фрезу с возможно большим числом зубьев</p> <p>Проверить поступление смазки в суппорт и стол</p>
Большая шероховатость поверхности зубьев нарезаемого колеса	<p>Плохая заточка фрезы</p> <p>Нежесткость крепления фрезы и заготовки</p> <p>Загрязнение и неправильный выбор СОЖ</p> <p>Большая величина продольной подачи</p>	<p>Сменить затупленную фрезу</p> <p>Устранить нежесткость крепления</p> <p>Сменить загрязненную СОЖ</p> <p>Уменьшить величину продольной подачи</p>

ГЛАВА III. НАРЕЗАНИЕ ЧЕРВЯЧНЫХ КОЛЕС И ЧЕРВЯКОВ НА ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

§ 14. Технические данные станков

Червячные колеса нарезают на универсальных зубофрезерных станках по методу радиальной или тангенциальной подачи, а также на станках, предназначенных специально для этой цели. К ним относятся мастер-станки для нарезания червячных делительных колес, основные технические данные которых приведены в табл. 34, и станки для нарезания глобоидных червячных пар, технические данные которых приведены в табл. 35.

Нарезание червяков производят на специальных станках, основные технические данные которых приведены в табл. 36.

Индекс ЕЗ присвоен спецстанкам егорьевского станкозавода «Комсомолец», а индекс КУ — спецстанкам Коломенского завода тяжелых станков.

34. Технические данные станков для нарезания делительных червячных колес

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм		Наибольший диаметр фрезы, мм	Частота вращения фрезы, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
	диаметр	модуль				
542	320	5	100	8...80	2,8	6
543	800	6	125	6...46	4,5	10
КУ-433	2000	10	320	6...49,5	15	51
546M	5000	16	320	5,6...46	14	70

35. Технические данные станков для нарезания глобоидных червячных пар

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемого изделия, мм			Частота вращения фрезы, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
	межосевое расстояние глобоидной пары	модуль	диаметр червяка в горловом сечении			
547Б	300	12	140	2,4 ... 163	7,5	9,2
548	800	30	320	0,01 ... 45	13	30
549	1600	50	750	0,02 ... 25	17	60

§ 15. Инструмент для нарезания червячных колес и червяков

При нарезании червячных колес на зубофрезерных станках воспроизводится зацепление той одновитковой или многовитковой передачи, которая будет работать в конкретном механизме. Поэтому размеры и профиль инструмента для на-

36. Технические данные станков для нарезания червяков и реек

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемого червяка, мм			Частота вращения фрезы, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т	Примечание
	диаметр	модуль	длина фрезерования				
ЕЗ-2А	75	6,5	—	265...432	4,0	2,8	Для глобоидных червяков рулевого управления
ЕЗ-86	140	8	—	85...416	4,0	4,5	Для цилиндрических червяков
КУ-240	450	42	650	6,7...45	10,0	19,6	
5412	—	16	1500	21,5...253	4,0	10,0	Для зубчатых реек
5413	—	24	2500	11,25...126	7,5	18,0	

резания червячных колес соответствуют размерам и профилю рабочего червяка, кроме размера по диаметру вершин витков, увеличение которого учитывает радиальный зазор в зацеплении рабочего червяка с колесом.

У чистовой червячной фрезы (рис. 35) стружечные канавки располагаются параллельно ее оси, что обеспечивает более точное расположение режущих кромок относительно зубьев колеса. Для придания фрезе большей жесткости шпоночный паз выполнен на торце.

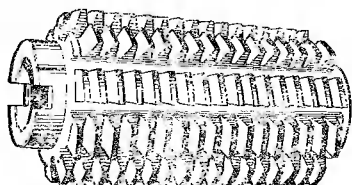


Рис. 35. Чистовая червячная фреза

На рис. 36 изображена одновитковая червячная фреза, выполненная заодно с оправкой. Такая конструкция характерна для фрез малых диаметров, но крупных модулей.

Для чистового нарезания точных червячных колес применяют червячные шеверы (рис. 37), представляющие собой червяки, на боковых поверхностях витка которых выполнены зубья в виде узких лент.

точек шириной 0,2...0,6 мм (рис. 37, б). Некоторые шеверы (рис. 37, а) снабжены стружечными канавками, однако это снижает число режущих зубьев, что сказывается на точности профиля нарезаемого червячного колеса. При этом шеввер и червяк должны шлифоваться при одинаковой установке шлифовального круга (для обеспечения точного сопряжения шевингуемого колеса с рабочим червяком).

В ряде случаев при отсутствии стандартной или специальной червячной фрезы червячные колеса нарезают резцом, называемым резцом-летучкой (рис. 38).



Рис. 36. Червячная фреза с посадочным хвостовиком

Профиль режущей кромки резца при нарезании колес, сцепляющихся с архимедовым червяком, соответствует профилю витка червяка в осевой плоскости; при этом режущая кромка будет прямолинейной. При нарезании червячных колес, сцепляющихся с другими червяками, профиль резца-летучки должен соответствовать профилю червяка в нормальном сечении по витку.

Глобoidные червячные колеса нарезают специальными глобoidными фрезами, размеры рабочей части которых должны соответствовать сопрягаемому с колесом глобoidному червяку. Фрезы изготовляют черновыми и чистовыми. Из-за большой сложности изготовления глобoidные фрезы используют только в круп-

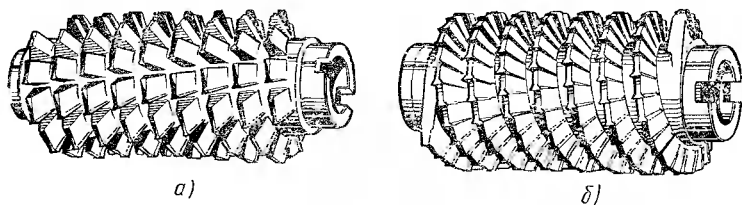


Рис. 37. Червячные шеверы:

а — со стружечными канавками, *б* — с ленточками на витке

носерийном и массовом производствах. В других производствах глобoidные колеса нарезают резцами. Резцы на резцовой оправке устанавливают по касательной к профильной окружности зуба и вылетом по внутреннему диаметру зуба колеса. Форма и размеры резцов определяются параметрами глобoidного червяка.

Цилиндрические червяки нарезают профильными резцами на токарно-винторезных станках, стандартными дисковыми фрезами (рис. 39) на резьбофрезерных или зубофрезерных станках, а также зуборезными долбьями на специальных зубодолбежных станках.

Для нарезания глобoidных червяков используют зуборезные долбьяки, размеры которых соответствуют размерам сопрягаемого глобoidного колеса, а также резцы и резцовые головки. При этом червяк устанавливают в инструментальный шпиндель, а инструмент на стол станка.

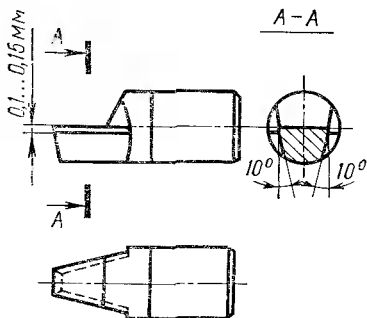


Рис. 38. Чистовой резец-летучка для нарезания червячных колес

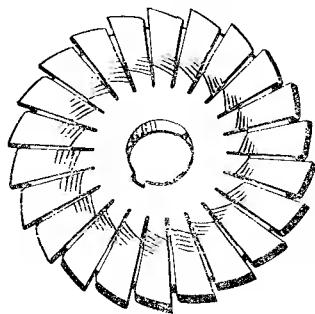


Рис. 39. Дисковая фреза для нарезания цилиндрического червяка

§ 16. Основные части и настройка зубофрезерного мастер-станка 543 для делительных червячных колес

Зубофрезерный полуавтомат 543 предназначен для окончательной чистовой обработки зубьев высокоточных червячных колес, используемых для делительных пар зубообрабатывающих станков, поворотных столов координатно-расточных станков, а также других точных механизмов. Заготовкой является предварительно нарезанное на другом станке червячное колесо. Работа на полуавтомате осуществляется по методу радиального врезания с непрерывной или периодической подачей. Полуавтомат 543 (рис. 40) состоит из станины 1, по горизонтальным направляющим которой перемещается фрезерная стойка 9. На передней части станины установлен стол 2. Сзади к станине прикреплены коробка привода, а на передней стенке механизм врезания 5. На планшайбе стола 15 устанавливается подставка с заготовкой 14. Стол вращается в роликовом подшипнике и опирается на плоские круговые направляющие постели. Делительное червячное колесо имеет большое число зубьев, увеличенную высоту зуба и уменьшенный угол профиля, что значительно улучшает эксплуатационные его качества. С правой стороны стола под крышками 16 размещена гитара деления. Остальные настраиваемые гитары (скоростей и подач) расположены с задней стороны станины (на рисунке не видны). Под механизмом врезания размещена станция смазки 4. В суппорте 11 размещены шпиндель инструмента и цилиндрические зубчатые колеса привода шпинделя. Опорами шпинделя служат подшипники скольжения, обеспечивающие радиальное и осевое биение шпинделя в пределах 0,002 мм. Оправка с инструментом 13 поддерживается опорой 12. На корпусе механизма врезания размещены главный пульт управления 3, рукоятка 8 перевода на автоматический

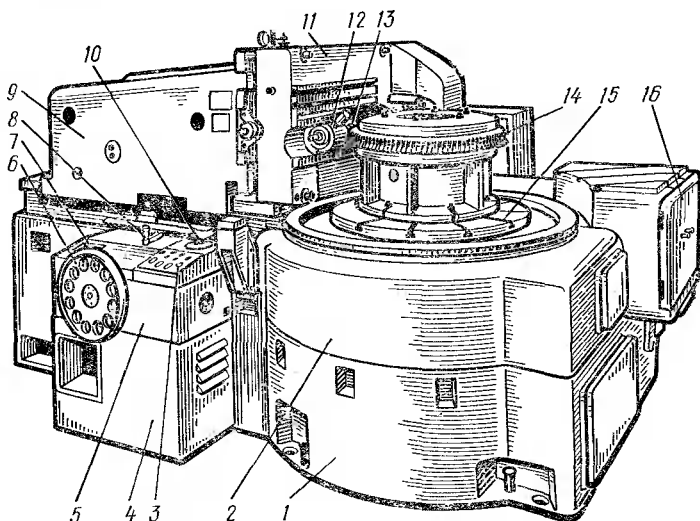


Рис. 40. Зубофрезерный мастер-станок 543 для делительных червячных колес:

1 — станина, 2 — стол, 3 — главный пульт управления, 4 — станция смазки, 5 — механизм врезания, 6 — маховик радиальной установки, 7 — крышка механизма периодической подачи, 8 — рукоятка цикла, 9 — стойка, 10 — пакетный переключатель, 11 — суппорт, 12 — контр-поддержка фрезы, 13 — инструмент, 14 — заготовка, 15 — планшайба стола, 16 — гитара деления

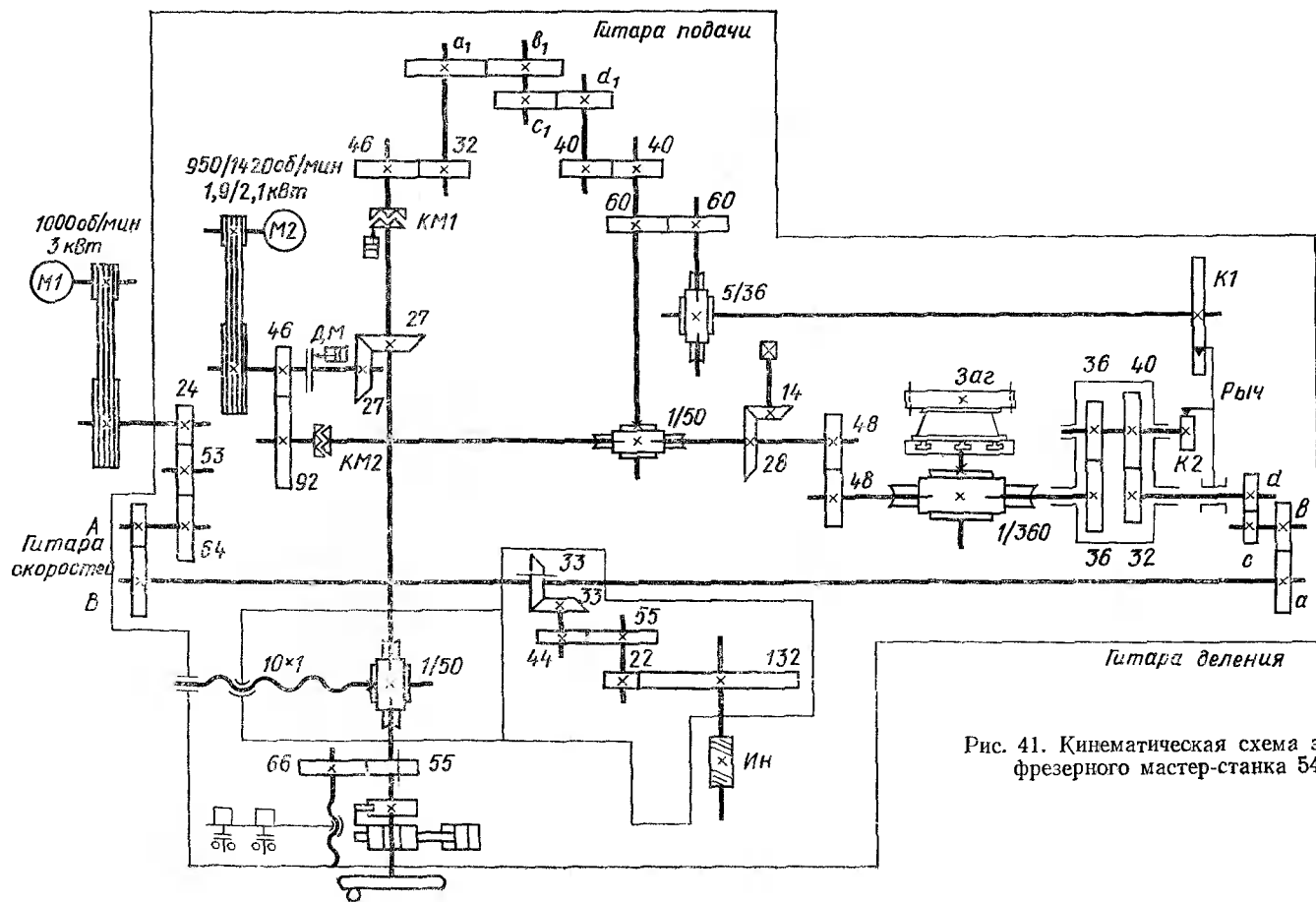


Рис. 41. Кинематическая схема зубо-фрезерного мастер-станка 543

цикл работы, переключатель 10 и маховик 6 радиального подвода стойки. Под крышкой 7 находится храповой механизм периодической подачи и упоры радиального врезания. Электрошкаф, гидростанция и главный привод расположены вне полуавтомата.

Кинематическая схема полуавтомата 543 (рис. 41) состоит из следующих основных кинематических цепей: главного движения, деления, подачи, корректирующего устройства и ускоренных перемещений стола и стойки.

Цепь главного движения связывает вращение электродвигателя *M1* мощностью 3 кВт с вращением инструмента (*Ин*). Настройка цепи на требуемую частоту вращения инструмента производится сменными зубчатыми колесами *A* и *B* по формуле

$$n_{ин} = 19 \frac{A}{B},$$

где *A* и *B* — числа зубьев сменных колес. Настраиваемая на полуавтомате частота вращения инструмента приведена в табл. 37.

37. Частота вращения инструмента

Сменные зубчатые колеса		Частота вращения инструмента, об/мин	Сменные зубчатые колеса		Частота вращения инструмента, об/мин
<i>A</i>	<i>B</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	
20	70	5,5	43	47	17,5
24	66	7	47	43	21
29	61	9	52	38	26
33	57	11	57	33	33
38	52	14	61	29	40

Кинематическая цепь деления связывает вращение инструмента (*Ин*) с заготовкой (*Заг*) и настраивается по формуле

$$i_{дел} = \frac{60 \cdot K}{z} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

где *z* — число нарезаемых зубьев; *K* — заходность червячной фрезы; *a*, *b*, *c*, *d* — числа зубьев сменных колес.

Таблица настройки гитары деления на числа зубьев от 30 до 300 приведена в руководстве по эксплуатации полуавтомата.

Кинематическая цепь радиальных подач связывает вращение заготовки (*Заг*) с перемещением инструментальной стойки от винта 10×1. Настройка цепи производится по формуле

$$s = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \text{ (мм/об)},$$

где *s* — радиальная подача в мм на один оборот заготовки; *a*₁, *b*₁, *c*₁, *d*₁ — числа зубьев сменных колес. Величина настраиваемых на полуавтомате непрерывных радиальных подач приведена в табл. 38.

Периодические радиальные подачи величиной 0,02; 0,04 и 0,06 мм осуществляются храповым механизмом.

Кинематическая цепь ускоренного перемещения стойки связывает вращение двухскоростного электродвигателя *M2* при его работе на второй ступени (1420 об/мин; 2,1 кВт) с ходовым винтом 10×1. При этом пакетным переключателем 10 (рис. 40), устанавливаемым в положение «стойка», включается дисковая муфта *ДМ* (рис. 41) и отключается кулачковая муфта *КМ1* а рукояткой отключается кулачковая муфта *КМ2*. Ускоренный ход стойки происходит со скоростью 130 мм/мин.

38. Непрерывные радиальные подачи

Сменные зубчатые колеса				Радиальная подача, мм/об	Сменные зубчатые колеса				Радиальная подача, мм/об
a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1	
25	95	36	84	0,11	46	74	42	78	0,33
25	95	40	80	0,13	53	67	42	78	0,43
32	82	36	84	0,16	60	60	40	80	0,50
40	80	36	84	0,21	60	60	47	73	0,64
40	80	40	80	0,25					

Ускоренное вращение стола происходит от этого же электродвигателя *M2*, но при его работе на первой ступени (1,9 кВт; 950 об/мин). При этом переключателем *10* (рис. 40), устанавливаемым в положение «стол», отключается дисковая муфта *ДМ* (рис. 41), муфта *КМ1* остается отключенной, а муфта *КМ2* включается рукояткой. Во время ускоренного вращения стола зубчатые колеса гитары деления необходимо расцепить.

Кинематическая цепь корректирующего устройства связывает вращение делительной червячной пары 1/360 с вращением копиров *K1* и *K2*. На периферии копира *K1* нанесена кривая, соответствующая кривой, отражающей накопленную погрешность делительного колеса; а на копире *K2* нанесена кривая, соответствующая циклической погрешности, переносимой на заготовку делительным червяком. Копир *K1* делает один оборот за один оборот делительного колеса, а копир *K2* — один оборот за оборот делительного червяка. Ощупывающие нож и ролик, расположенные на рычаге (*Рыч*), качают его в соответствии с кривыми копира, а рычаг в свою очередь передает качание корпусу планетарного механизма, создавая дополнительный доворот делительному червяку. Такой доворот, индивидуальный для каждого полуавтомата, компенсирует накопленную и циклическую погрешность делительной червячной пары полуавтомата.

§ 17. Основные части и настройка полуавтомата 547Б для нарезания глобoidных червячных пар

Полуавтомат 547Б предназначен для нарезания глобoidных червяков резцовыми головками и глобoidных червячных колес глобoidными фрезами. На полуавтомате также нарезают червячные колеса цилиндрическими фрезами по методу радиальной подачи. Область использования полуавтомата — мелкосерийное и серийное производство.

Полуавтомат 547Б (рис. 42) по компоновке подобен зубофрезерным станкам и состоит из станины *1*, на которой жестко закреплена стойка *5*. Внутри станины размещены гидропривод, агрегат смазки и резервуар системы охлаждения. С левой стороны к станине прикреплена коробка привода *2*, в которой находятся сменные зубчатые колеса гитары скоростей и зубчатые колеса привода с электромагнитными муфтами. С правой стороны станины по ее горизонтальным направляющим перемещается стол *8*, внутри которого находится делительная червячная передача. На планшайбе стола устанавливаются изделие или инструмент.

В стойке *5* смонтирован дифференциал, вертикальный вал главного привода и привод быстрых перемещений. Снаружи к стойке прикреплена коробка распределения движений *3* и пульт управления *4*. Каретка *6*, перемещаемая при наладке по вертикальным направляющим стойки, несет на себе суппорт *7*. В суппорте находятся цилиндрические зубчатые колеса и червячная передача привода шпинделя.

Кинематическая схема полуавтомата (рис. 43) состоит из следующих основных кинематических цепей: главного привода, деления и подачи.

Цепь главного движения связывает вращение главного электродвигателя *M1* мощностью 7,5 кВт с вращением инструмента (*Ин*). Настройка

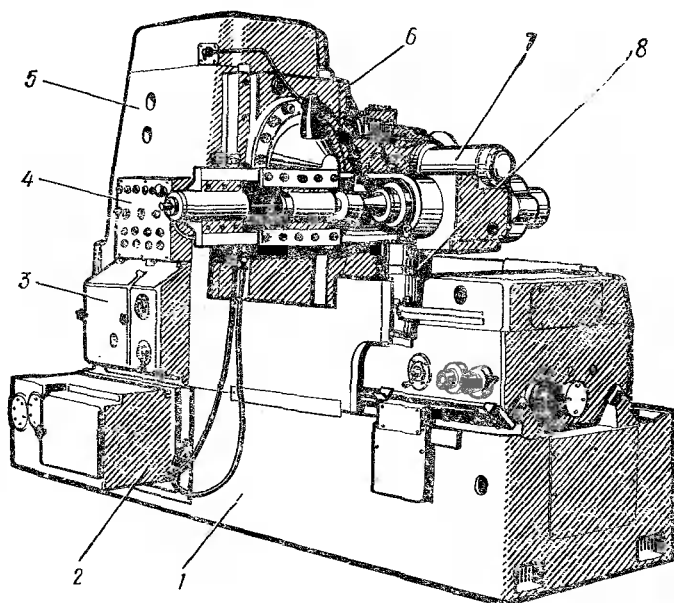


Рис. 42. Полуавтомат 547Б для нарезания глобоидных червячных пар:

1 — станина, 2 — коробка привода, 3 — коробка распределения движений, 4 — пульт управления, 5 — стойка, 6 — каретка, 7 — суппорт, 8 — стол

39. Настройка частоты вращения инструмента

Частота вращения инструмента, об/мин		Числа зубьев сменных колес		Частота вращения инструмента, об/мин		Числа зубьев сменных колес	
при ЭМ1	при ЭМ2	A	B	при ЭМ1	при ЭМ2	A	B
26	2,4	23	64	82	7,6	46	41
33	3	27	60	104	9,6	51	36
40,5	3,7	31	56	132	12	56	31
52	4,8	36	51	163	15	60	27
65	6	41	46	—	19	64	23

цепи производится сменными зубчатыми колесами *A* и *B* и зубчатыми колесами, включаемыми электромагнитными муфтами ЭМ1 и ЭМ2. В табл. 39 приведена настраиваемая частота вращения инструментального шпинделя.

Кинематическая цепь деления связывает вращение заготовки (Заг) с вращением инструмента (Ин). Настройка цепи осуществляется сменными зубчатыми колесами *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*. При $e/f = 48/60$ формула настройки

$$i_{\text{дел}} = \frac{12 \cdot K}{z} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

где *a*, *b*, *c*, *d* — числа зубьев сменных колес; *K* — заходность фрезы; *z* — число нарезаемых зубьев червячного колеса.

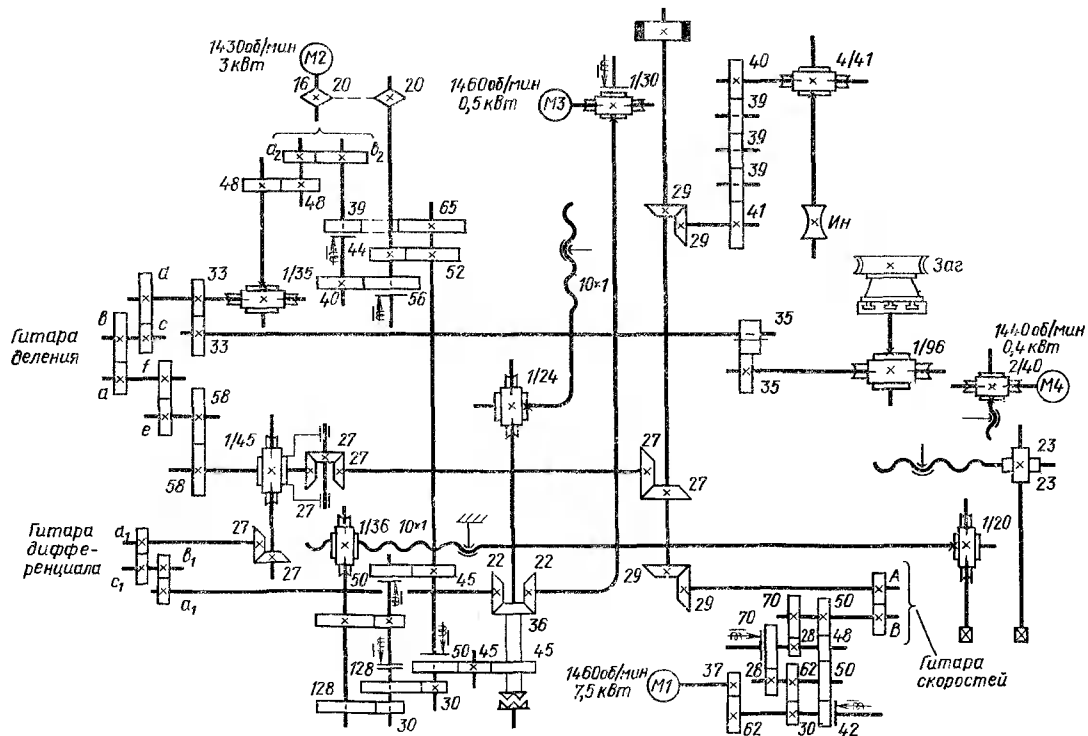


Рис. 43. Кинематическая схема полуавтомата 547Б

В руководстве по эксплуатации полуавтомата приведена таблица настройки гитары деления для наиболее ходовых сочетаний заходности червяка или фрезы ($K = 1 \dots 4$) и чисел зубьев колеса ($z = 24 \dots 69$).

Кинематическая цепь радиальной подачи связывает вращение заготовки (*Заг*) с перемещением стола от ходового винта 10×1 радиальной подачи. Настройка цепи осуществляется сменными зубчатыми колесами a_2 и b_2 по формулам, приведенным в табл. 40. Значения коэффициентов в формулах зависят от зубчатых колес цепи, включаемых в работу электромагнитными муфтами.

40. Настройка радиальных подач

Формула настройки	Радиальная подача s_p , мм/об	Числа зубьев сменных колес	
		a_2	b_2
$s_p = 0,067 \cdot \frac{a^2}{b^2}$	0,028	28	68
	0,034	32	64
$s_p = 0,23 \cdot \frac{a^2}{b^2}$	0,060	27	93
	0,090	28	68
	0,120	32	64
	0,190	43	53
	0,230	48	48
	0,280	53	43
	0,460	64	32
	0,550	68	28
$s_p = 0,78 \cdot \frac{a^2}{b^2}$	0,630	43	53
	0,780	48	48
	0,960	53	43
	1,560	64	32
	1,780	68	28

Кинематическая цепь круговой подачи настраивается при чистовом нарезании червяков и связывает основное вращение заготовки (*Заг*) с дополнительным ее вращением от дифференциала. Формула настройки гитары дифференциала:

$$i_{\text{диф}} = \frac{372 \cdot s_{\text{кр}}}{m \cdot K} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1},$$

где $s_{\text{кр}}$ — круговая подача на один оборот стола, мм/об; m — модуль нарезаемого червяка, мм; K — заходность червяка.

При работе с автоматической круговой подачей в гитаре радиальных подач должны быть установлены сменные зубчатые колеса с числами зубьев $a_2 = 27$ и $b_2 = 93$.

§ 18. Режимы обработки при нарезании червячных колес

Режимы обработки при нарезании червячных колес из бронзы твердостью НВ 100 ... 140 и из серого чугуна твердостью НВ 170 ... 229 червячными фрезами на универсальных зубофрезерных станках приведены в табл. 41. Режимы резания при нарезании таких же колес резцом-летучкой приведены в табл. 42.

Для получения повышенной точности и меньшей шероховатости поверхности зубьев следует произвести дополнительно несколько оборотов колеса без радиальной подачи.

41. Режимы резания при нарезании червячных колес червячными фрезами [7]

Модуль колеса, мм	Диаметр фрезы, мм	Нарезание с радиальной подачей				Нарезание с тангенциальной подачей	
		Мощность привода станка, кВт			Скорость резания v , м/мин	Мощность 1,5...4 кВт	Скорость, резания v , м/мин
		1,5...2,8	3...4	5...9		Подача s_T , мм/об	
		Подача на один оборот заготовки s_p , мм/об					
3	70	0,60	0,90	—	26,4	1,4...1,6	26,4
4	80	0,55	0,85	0,95	24,5	1,3...1,5	24,5
5	90	0,50	0,80	0,90	23	1,2...1,4	23
6	125	0,50	0,75	0,85	23	1,2...1,3	23
8	145	0,75	0,68	0,78	22,5	1,1...1,2	22,3
10	164	0,40	0,64	0,74	20,5	—	—
12	171	—	0,60	0,70	20,5	—	—
14	171	—	0,50	—	20	—	—
16	200	—	0,45	—	19	—	—

42. Режимы резания при нарезании червячных колес резцом-летучкой [1]

Модуль колеса, мм	Тангенциальная подача на один оборот заготовки s_T , мм/об	Скорость резания v , м/мин	
		При твердости материала НВ	
		140 ... 180	180 ... 220
8 ... 14	0,30 ... 0,40	16 ... 18	12 ... 14
16 ... 22	0,25 ... 0,35		
22 ... 25	0,15 ... 0,20		

43. Режимы обработки при нарезании червячных колес на мастер-станках

Характер обработки	Число нарезаемых зубьев	Материал колеса	Режимы обработки		
			частота вращения фрезы, об/мин	радиальная подача, мм/об стола	
				непрерывная	периодическая
Чистовое зубофрезерование	12 ... 50	Бронза	8 ... 30	0,10 ... 0,20	—
		Чугун	9 ... 26	0,20 ... 0,30	
	Св. 50	Бронза	20 ... 35	0,15 ... 0,25	
		Чугун	15 ... 40	0,20 ... 0,30	
Зубошвингование	12 ... 50	Бронза	8 ... 12	—	0,06 0,04 0,02
	Св. 50	Бронза	9 ... 15		
		Чугун			

Нарезание червячных колес на мастер-станках производится в два этапа: чистовое зубофрезерование и зубошвингование червячным шевером. Режимы обработки, указанные в руководствах по эксплуатации станков 542 и 543, приведены в табл. 43.

Припуск на толщину зуба для чистового зубофрезерования 1 . . . 2 мм, для зубошвингования 0,2 . . . 0,3 мм в зависимости от модуля нарезаемого колеса. При черновом нарезании червяков необходимо оставлять припуск на последующую обработку боковых сторон витка согласно табл. 44. Режимы резания при фрезеровании цилиндрических червяков дисковыми модульными фрезами приведены в табл. 45, а глобoidных червяков — в табл. 46.

44. Припуск на последующую обработку боковых сторон витка червяка [10]

Модуль, мм	Припуск на толщину витка, мм	
	на чистовое нарезание после предварительного фрезерования	на шлифование после чистового нарезания
До 2	0,7 . . . 0,8	0,2 . . . 0,3
2 . . . 3	1,0 . . . 1,2	0,3 . . . 0,4
3 . . . 5	1,2 . . . 1,4	0,4 . . . 0,5
5 . . . 7	1,4 . . . 1,6	0,5 . . . 0,6
7 . . . 10	1,6 . . . 1,8	0,6 . . . 0,7
10 . . . 12	1,8 . . . 2,0	0,7 . . . 0,8

45. Режимы резания при фрезеровании червяков дисковыми модульными фрезами

Материал червяка	Скорость резания v , м/мин	Подача на зуб фрезы s_z , мм
Углеродистая сталь HB 156 . . . 170	25 . . . 30	0,06 . . . 0,12
Углеродистая сталь HB 180 . . . 220	20 . . . 25	0,04 . . . 0,08
Хромоникелиевая сталь HB 156 . . . 229	15 . . . 20	0,03 . . . 0,05

46. Режимы резания при нарезании глобoidных червяков

Число заходов червяка	Радиальная подача		Круговая подача, мм/об стола	Скорость резания, м/мин
	при цельной резцовой головке, мм/зуб головки	при сборной резцовой головке, мм, на пару резцов		
1	0,04 . . . 0,05	0,15	0,03 . . . 0,05	8 . . . 20
2	0,02 . . . 0,025	0,075	0,015 . . . 0,025	
3	0,013 . . . 0,017	0,05	0,010 . . . 0,017	

§ 19. Причины брака при нарезании червячных колес и способы его устранения

Для обеспечения качественных показателей работы червячной передачи необходимо при ее конструировании и изготовлении учитывать следующие требования:

1. В основу конструкции червячной передачи закладывать простые геометрические формы с наименьшей склонностью к термическим деформациям.

2. Предусматривать применение нормализованного инструмента.

3. Требования к точности передачи и шероховатости ее рабочих поверхностей не должны быть завышены по сравнению с эксплуатационными требованиями.

4. Детали червячной передачи должны иметь поверхности, обеспечивающие качественное базирование при обработке.

5. Детали червячной передачи должны при обработке обладать достаточной жесткостью.

При нарезании червячных колес на зубофрезерных станках возникают погрешности колес, аналогичные погрешностям, возникающим при нарезании на этих станках цилиндрических колес и рассмотренным в гл. II. Поэтому для определения способа устранения причин брака при нарезании червячных колес следует пользоваться табл. 33.

ГЛАВА IV. НАРЕЗАНИЕ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС НА ЗУБОДОЛБЕЖНЫХ СТАНКАХ

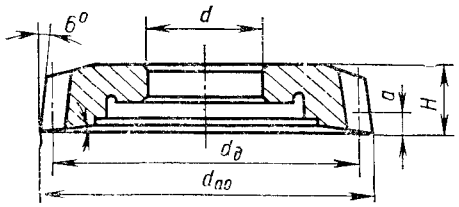
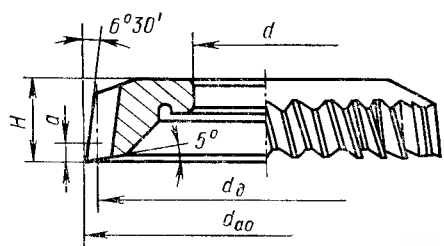
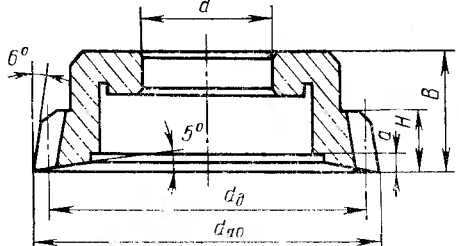
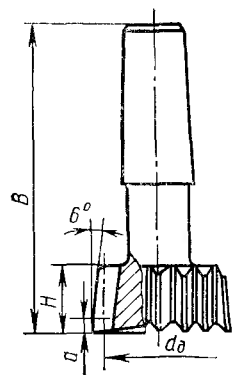
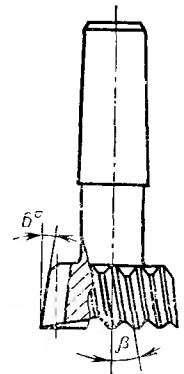
§ 20. Технические данные зубодолбежных станков

На зубодолбежных станках производят нарезание зубчатых колес по методу обката. Наиболее целесообразно использовать эти станки для нарезания колес с близко расположенными зубчатыми венцами, с буртами, шевронных зубчатых колес и колес внутреннего зацепления. Зубодолбежные станки по конструк-

47. Технические данные зубодолбежных станков

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм			Диаметр дол-бака, мм	Частота движения долбяка, дв. ход/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т	Примечание
	диаметр	модуль	ширина венца					
5111	80	1	20	40	250 . . . 1600	1,1	1,5	Вертикальная компоновка
5122	200	5	50	100	200 . . . 850	2,1/3	4,4	
E3-69	320	5	50	100	100 . . . 1000	4,7	8,8	
5140	500	8	100	100	65 . . . 450	3,1/4,7	4,25	
5A140П	500	8	100	100	55 . . . 560	5/6,3/10	7,5	
5M150	800	12	160	200	33 . . . 188	4,8/5,7/7,5	9,5	
5M161	1250	12	170	200	33 . . . 212	4,8/5,7/7,5	10,9	
E3-15B	2000	12	170	—	33 . . . 188	5,5	18	
5171	800	10	150	100	40 . . . 180	4,5	8	Горизонтальная компоновка
5173	3200	24	450	240	5 . . . 100	15	45	
5A110	105	4	50	—	60 . . . 125	14	12	Инструмент — многолезвийная головка
5120	200	6	50	—	60 . . . 120	17	13	
5A130	250	10	105	—	40 . . . 100	22	16	
КН-28	—	4,5	Длина рейки 500	100	200 . . . 850	2,1/3,0	4,6	Для долбления реек
E3-9B	—	8	1000	200	32 . . . 188	5,5	10,3	

48. Долбяки зуборезные чистовые для эвольвентных цилиндрических колес

Тип долбяка	Наименование долбяка	Эскиз	Номинальный делительный диаметр d_d , мм	Модуль m , мм	Число зубьев, z	Высота долбяка B , мм	Диаметр отверстия d , мм
I	Дисковый прямозубый		75	1 ... 4,5	76...17	12; 15; 17	31,743
			100	1 ... 6,5	100...16	17; 20; 22	44,443
			125	5 ... 9	25...14	26	44,443
			160	8 ... 10	20...16	30	88,9
			200	10 ... 12	20...17	40	101,6
II	Дисковый косозубый $\beta = 15^\circ$ $\beta = 23^\circ$		100	1 ... 7	100...14	22; 25	44,443
			100	1 ... 7	94...13	22; 25	44,443
III	Чашечный прямозубый		50	1,125...3,5	44...14	25	20
			75	1,125...3,5	67...22	28; 30	31,743
			100	1,125...6,5	90...16	31; 32; 34	44,443
			125	5 ... 9	25...14	38	44,443
IV	Хвостовой прямозубый		25	1,125 ... 3	23...9	76; 78; 81	—
			38	1,125 ... 4	34...9	97; 100; 102	—
V	Хвостовой косозубый $\beta = 15^\circ$ $\beta = 23^\circ$		38	1 ... 4	35...9	97; 100; 102	—

тивному исполнению подразделяются на вертикальные и горизонтальные. Вертикальные станки средних размеров выполняют с отводом стола с заготовкой во время холостого хода долбяка, а станки крупных размеров — с отводом долбяка при его холостом ходе. Горизонтальные станки оснащают двумя долбяками и используют в основном для нарезания шевронных зубчатых колес.

В табл. 47 приведены основные технические данные зубодолбежных станков, серийно выпускаемых отечественной промышленностью.

§ 21. Инструмент для зубодолбления

Нарезание зубчатых колес на зубодолбежных станках производится зуборезными долбяками. Дисковые прямозубые и косозубые долбяки (рис. 44) используют при нарезании блочных колес, у которых вторые венцы (или бурты) выступают за обрабатываемый зубчатый венец не более чем на 4 . . . 5 модулей.

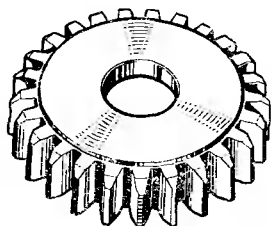


Рис. 44. Дисковый зуборезный долбяк

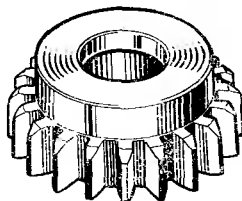


Рис. 45. Чашечный зуборезный долбяк

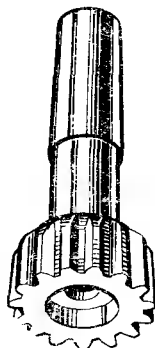


Рис. 46. Хвостовой зуборезный долбяк

Чашечные долбяки (рис. 45) используют при нарезании зубчатых колес с сильно выступающими вторыми венцами и колес с большой длиной зуба. Хвостовые долбяки (рис. 46) используют для нарезания колес малого диаметра.

Одним и тем же долбяком можно нарезать зубчатые колеса с различным числом зубьев. Лучшие результаты по качеству обработки получаются, если число зубьев долбяка не будет равно или кратно числу зубьев нарезаемого колеса.

По конструктивному исполнению долбяки делятся на пять типов, основные размеры которых приведены в табл. 48.

Стандартные зуборезные долбяки изготовляют трех классов точности. В табл. 49 приведены рекомендации использования долбяков в соответствии с их точностью.

49. Рекомендации использования зуборезных долбяков

Класс точности долбяка	Степень точности по ГОСТ 1643—72 нарезаемых зубчатых колес
AA	6
A	7
B	8

§ 22. Основные части и настройка вертикального зубодолбежного полуавтомата 5122

Зубодолбежный полуавтомат 5122 предназначен для нарезания долбьями цилиндрических зубчатых колес внешнего и внутреннего зацепления, в том числе валов-шестерен, зубчатых реек, зубчатых секторов и кулаков. Ось нарезаемого изделия располагается на полуавтомате вертикально. Установка межосевого расстояния, а также врезание на глубину зуба производится перемещением стола с изделием. Обеспечение зазора между долбьяком и нарезаемым зубчатым колесом при холостом ходе долбья осуществляется отводом долбья в направлении общей оси долбьяка и изделия или под углом к основному отводу смещением стойки в поперечном направлении.

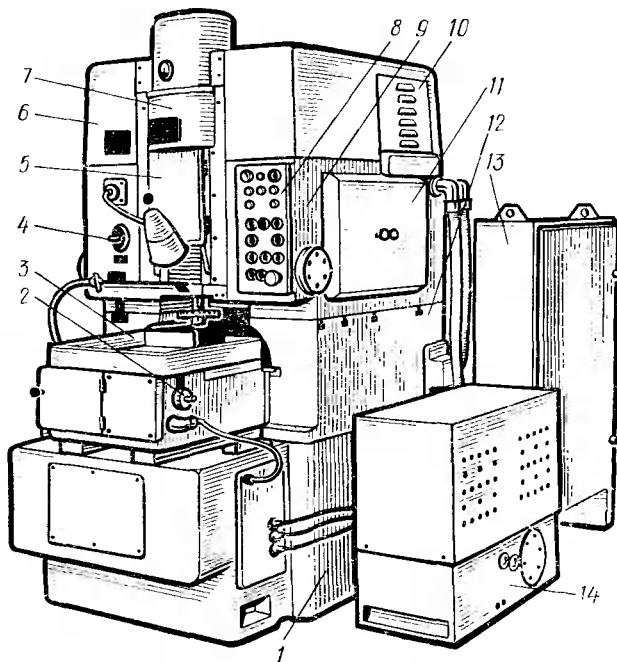


Рис. 47. Зубодолбежный полуавтомат 5122:

1 — станнина, 2 — лимб настройки на межосевое расстояние, 3 — стол, 4 — квадрат ручного поворота привода, 5 — крышка кулисного механизма, 6 — коробка круговых подач, 7 — суппорт, 8 — пульт управления, 9 — стойка, 10 — главный привод, 11 — гитара подач, 12 — проставка, 13 — электрошкаф, 14 — гидростанция

Полуавтомат 5122 (рис. 47) состоит из станины 1, внутри которой находятся резервуары для охлаждающей жидкости и гидросистемы. Сверху станины закреплен промежуточный корпус 12, называемый проставкой, на котором установлена стойка 9. В проставке размещены механизм врезания, гидроцилиндр подвода стола, а также гитара деления. Стол 3 с червячной делительной передачей перемещается по направляющим станины с помощью гидроцилиндра. Сборку стола находятся конец вала и лимб 2 для установки межосевого расстояния.

Стойка 9 может быть смещена в поперечном направлении по корпусу 12 и зажата на нем. В стойке под крышкой 10 смонтирован главный привод, под

дверкой 5 находится кулисный механизм, связанный со штосселем суппорта. Под крышкой 11 расположена гитара подач. На передней стенке стойки находятся пульт управления 8, а также квадратный конец 4 вала ручного поворота привода. Сверху стойки укреплены суппорт 7 и коробка круговых подач 6. В суппорте расположены штоссель с червячной делительной передачей и пружина штосселя. Электрошкаф 13 и гидростанция 14 вынесены на пределы полуавтомата

При наладке полуавтомата производятся следующие операции: установка и крепление инструмента, крепление и выверка изделия, настройка цепи деления, настройка частоты движения долбяка, настройка круговой подачи, установка общей величины врезания и врезания по рабочим ходам, установка величины хода штосселя, установка положения долбяка относительно изделия, установка межосевого расстояния.

Кинематическая схема зубодолбежного полуавтомата 5122 (рис. 48) состоит из следующих основных цепей: главного движения, круговых подач, деления и цепи отвода долбяка (при его холостом ходе).

Цепь главного движения связывает вращение двухскоростного электродвигателя *M1* (940/1440 об/мин, 2,1/3 кВт) и вала кулисного механизма (*КМ*), передающего штосселю возвратно-поступательное движение. Частота движения штосселя определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot v}{2 \cdot L} \quad (\text{дв. ход/мин}),$$

где *v* — величина выбранной скорости резания, м/мин; *L* — длина хода долбяка, мм.

Настройка цепи главного движения осуществляется сменными шкивами и переключением ступеней двухскоростного электродвигателя согласно табл. 50.

Расчетная величина частоты движения долбяка выбирается по графику, приведенному на рис. 49. Например, при скорости резания *v* = 20 м/мин и длине хода долбяка *L* = 30 мм частота его движения не должна превышать *n* = 305 дв. ход/мин.

50. Настройка частоты движения долбяка

Частота движения долбяка, дв. ход/мин	Диаметры шкивов, мм		Частота вращения электродвигателя, об/мин
	<i>D1</i>	<i>D2</i>	
200	90	420	940
280	118	390	940
305	90	420	1440
400	180	420	940
430	118	390	1440
560	230	390	940
615	180	420	1440
850	230	390	1440

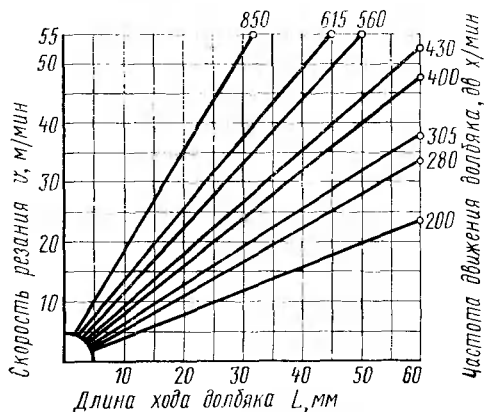


Рис. 49. Номограмма частоты движения долбяка

Кинематическая цепь круговых подач связывает возвратно-поступательное движение долбяка от кулисного механизма (КМ) с его вращением от червячной передачи 1/90. Настройка цепи на черновые подачи производится по формуле

$$s_{кр. \text{ черн}} = \frac{d_{\partial}}{140} \cdot \frac{a}{b} \quad (\text{мм/дв. ход}),$$

а на чистовые подачи по формуле

$$s_{кр. \text{ чист}} = \frac{d_{\partial}}{140} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \quad (\text{мм/дв. ход}),$$

где d_{∂} — делительный диаметр долбяка; a, b, c, d — числа зубьев сменных колес гитары круговых подач.

В табл. 51 приведены величины настраиваемых черновых и чистовых круговых подач.

51. Настройка круговых подач

Черновые подачи, мм/дв. ход	Числа зубьев сменных колес		Чистовые подачи, мм/дв. ход	
	a	b	при $\frac{c}{d} = \frac{44}{56}$	при $\frac{c}{d} = \frac{39}{61}$
0,25	26	74	0,20	0,16
0,315	31	69	0,25	0,20
0,40	36	64	0,315	0,25
0,50	41	59	0,40	0,315
0,63	47	53	0,50	0,40
0,80	53	47	0,63	0,50
1,0	59	41	0,80	0,63
1,25	64	36	1,0	0,80
1,6	69	31	1,25	1,0

Цепь деления осуществляет кинематическую связь между инструментом (Ин) и заготовкой (Заг). Настройка цепи производится сменными зубчатыми колесами по формуле

$$i_{\text{дел}} = \frac{z_{\partial}}{z} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1},$$

где z_{∂} — число зубьев долбяка; z — число нарезаемых зубьев; a_1, b_1, c_1, d_1 — числа зубьев сменных колес.

В руководстве по эксплуатации полуавтомата приведена таблица настройки гитары деления на число зубьев от 10 до 204. При нарезании зубчатых колес внутреннего зацепления в гитару деления между колесами c_1 и d_1 устанавливается дополнительное колесо с любым числом зубьев. При этом заготовка изменяет направление своего вращения на одинаковое с долбяком.

Кинематическая цепь отвода инструмента при его холостом ходе осуществляет связь между кулисным механизмом (КМ) и кулаком (Кул). За один двойной ход долбяка кулак также делает один оборот, отводя долбяк от заготовки при холостом его ходе.

§ 23. Основные части и настройка зубодолбежного полуавтомата 5А130, работающего резцовой головкой

Зубодолбежный полуавтомат 5А130 относится к специализированным станкам и предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес внешнего зацепления резцовой головкой в условиях крупносерийного и массового производства.

Резцы зубодолбежной головки имеют профиль, соответствующий профилю впадины зубьев нарезаемого колеса, а их количество соответствует числу нарезаемых зубьев. В процессе резания резцовая головка остается неподвижной, а нарезаемое колесо совершает возвратно - поступательное движение вдоль своей оси. Во время холостого хода нарезаемого колеса резцы головки перемещаются в направлении оси колеса на величину подачи до получения полной глубины зуба.

Полуавтомат (рис. 50) состоит из станины 1, на верхней плоскости которой жестко закреплена стойка 11. С левой стороны к станине прикреплен бак 2 для сбора охлаждающей жидкости. В станине расположены главный привод, штоссель с изделием 13 и сменные зубчатые колеса гитары скоростей, доступ к которым осуществляется при открывании дверок 15. На передней стенке станины находятся левый пульт 3 и правый пульт 14. С левого пульта производится управление ходом и доворотом штосселя, а также подъемом и опусканием резцовой головки. С правого пульта производится управление циклом работы полуавтомата.

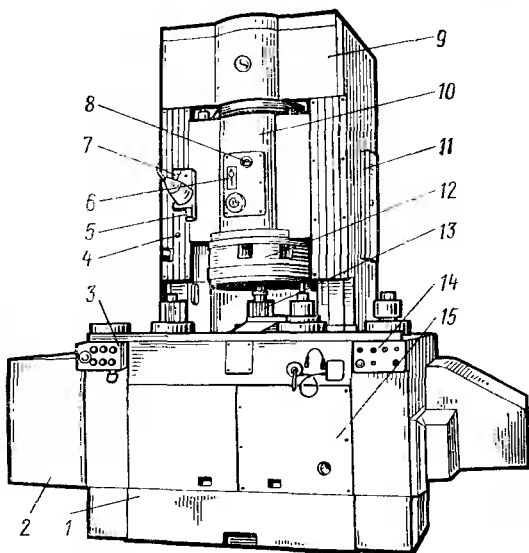


Рис. 50. Зубодолбежный полуавтомат 5A130:

1 — станина, 2 — бак сбора охлаждающей жидкости, 3 — пульт левый, 4 — конечный выключатель, 5 — кулачки салазок, 6 — визир развода резцов, 7 — конечный выключатель, 8 — визир глубины врезания, 9 — механизм перемещения суппорта, 10 — салазки, 11 — стойка, 12 — резцовая головка, 13 — изделие, 14 — пульт правый, 15 — гитара скоростей

По вертикальным направляющим стойки перемещаются салазки суппорта 10, механизм перемещения 9 которых находится сверху стойки. Резцовая головка расположена в корпусе 12, прикрепляемом к салазкам суппорта 10. На переднюю стенку салазок помещены визир 6 развода резцов и визир 8 глубины впадины нарезаемого зубчатого колеса. Величина установки хода салазок определяется кулачками 5, воздействующими на конечные выключатели 4 и 7.

Кинематическая схема полуавтомата (рис. 51) состоит из следующих основных цепей: главного движения, подачи и установки салазок суппорта.

Цепь главного движения связывает вращение электродвигателя М1 (22 кВт, 970 об/мин) и кривошипно-шатунного механизма (КМ), сообщающего штосселю с заготовкой возвратно-поступательное движение. Частота движения штосселя выбирается для каждой конкретной детали в диапазоне 40 . . . 100 дв. ход/мин и настраивается по формуле

$$n = 100 \frac{A}{B},$$

где A и B — числа зубьев сменных колес гитары скоростей.

При настройке цепи необходимо следить, чтобы скорость резания не превышала для резцов из быстрорежущей стали значений, определяемых формулой

$$v = \frac{2 \cdot l \cdot n}{1000} \leq (9 \dots 10) \text{ м/мин},$$

53. Круговые подачи при нарезании зубчатых колес долбьями [7]

Характер обработки	Обрабатываемый материал	Модуль m , мм, до	Мощность привода станка, кВт			
			1,0 . . . 1,5	1,6 . . . 2,5	2,6 . . . 5,0	св. 5
			Круговая подача долбья $s_{кр}$, мм/дв. ход			
Черновое нарезание под последующее зубодолбление	Сталь	4 6 8	0,35 . . . 0,40 0,15 . . . 0,20 —	0,40 . . . 0,45 0,30 . . . 0,40 —	— 0,40 . . . 0,50 0,30 . . . 0,40	— — 0,40 . . . 0,50
	Чугун	4 6 8	0,40 . . . 0,50 0,16 . . . 0,22 —	0,45 . . . 0,50 0,30 . . . 0,45 —	— 0,40 . . . 0,50 0,35 . . . 0,45	— — 0,45 . . . 0,50
Черновое нарезание под шевингование	Сталь	4 6 8	0,28 . . . 0,32 0,12 . . . 0,16 —	0,32 . . . 0,36 0,24 . . . 0,32 —	— 0,32 . . . 0,40 0,24 . . . 0,32	— — 0,32 . . . 0,40
	Чугун	4 6 8	0,32 . . . 0,40 0,13 . . . 0,16 —	0,36 . . . 0,40 0,24 . . . 0,36 —	— 0,32 . . . 0,41 0,28 . . . 0,36	— — 0,36 . . . 0,40
Черновое нарезание под шлифование	Сталь	4 6 8	0,32 . . . 0,36 0,14 . . . 0,18 —	0,36 . . . 0,40 0,27 . . . 0,36 —	— 0,36 . . . 0,45 0,27 . . . 0,36	— — 0,36 . . . 0,45
Чистовое нарезание по сплошному металлу	Сталь Чугун	2 . . . 3	0,25 . . . 0,30 0,30 . . . 0,35			
Чистовое нарезание по предварительно обработанному зубу	Сталь Чугун	4 . . . 8	0,22 . . . 0,25 0,35			

Кинематическая цепь установки салазок суппорта вызывает вращение электродвигателя *M2* (1362 об/мин; 3 кВт) с ходовым винтом 42×2, обеспечивая опускание резцовой головки в начале рабочего цикла и ее подъем в конце цикла. Скорость перемещения салазок составляет 8,5 мм/с.

Кроме основных кинематических цепей в полуавтомате имеются цепь доворота штосселя (работающая от электродвигателя *M3*) и цепь ручной установки резцов в резцовой головке.

§ 24. Режим обработки при зубодолблении

Назначение рациональных режимов обработки при зубодолблении заключается в выборе величины круговой подачи и скорости резания, которые зависят от параметров обрабатываемого зубчатого колеса, характеристики используемого оборудования и требуемого качества нарезаемого колеса.

Рекомендуемые величины круговых подач для станков с различной мощностью главного привода приведены в табл. 53, рекомендуемые скорости резания — в табл. 54, а поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий работы — в табл. 55.

Величины подач в таблицах указаны при обработке за один рабочий ход. При черновой обработке в два рабочих хода табличные значения подачи следует увеличить на 20% (умножить на коэффициент 1,2). Величины радиальных подач (при врезании) определяются по формуле $s_{\text{рад}} = 0,1 \dots 0,3 s_{\text{кр}}$.

Большие значения подач следует применять при обработке зубчатых колес с числом зубьев свыше 25, меньшие — с числом зубьев до 25.

54. Скорости резания при нарезании зубчатых колес долбками [7]

Характер обработки	Круговая подача $s_{\text{кр}}$, мм/дв.ход	Модуль нарезаемого зуба m , мм, до							
		2	4	6	8	2	4	6	8
		Скорость резания v , м/мин				Мощность, кВт			
Черновое и чистовое нарезание по сплошному металлу	0,10	40,5	32,5	27,5	25	0,2	0,7	1,3	2,1
	0,13	35,5	28,5	24	22	0,3	0,8	1,4	2,4
	0,16	32	26	21,5	19,7	0,3	0,8	1,6	2,6
	0,20	28,5	23	19,3	17,8	0,3	0,9	1,8	2,9
	0,26	25	20,5	17	15,5	0,4	1,1	2,1	3,3
	0,32	22,5	18,2	15,3	14	0,4	1,2	2,3	3,7
	0,42	19,8	16	13,4	12,5	0,4	1,4	2,6	4,3
	0,52	17,7	14,3	12	10,9	0,5	1,5	2,9	4,7
Чистовое нарезание по предварительно прорезанному зубу	0,16	43,5				—			
	0,20	39				—			
	0,26	34,2				—			
	0,32	30,7				—			

где l — длина хода штосселя, мм; n — частота движения штосселя, дв. ход/мин. Эксцентриситет кривошипного вала (КМ) обеспечивает длину хода штосселя на величину до 120 мм.

Кинематическая цепь подачи связывает поступательное движение заготовки (Заг) с радиальным перемещением резцов в резцовой головке (Ин). Подача и отвод резцов производятся двумя конусами, между которыми расположены хвостовики резцов. В цепи подачи имеются три кулачка, которые производят следующие действия. Кулачок 1 (Кул1) за каждый двойной ход заготовки совершает один оборот и через систему рычагов воздействует на конусы

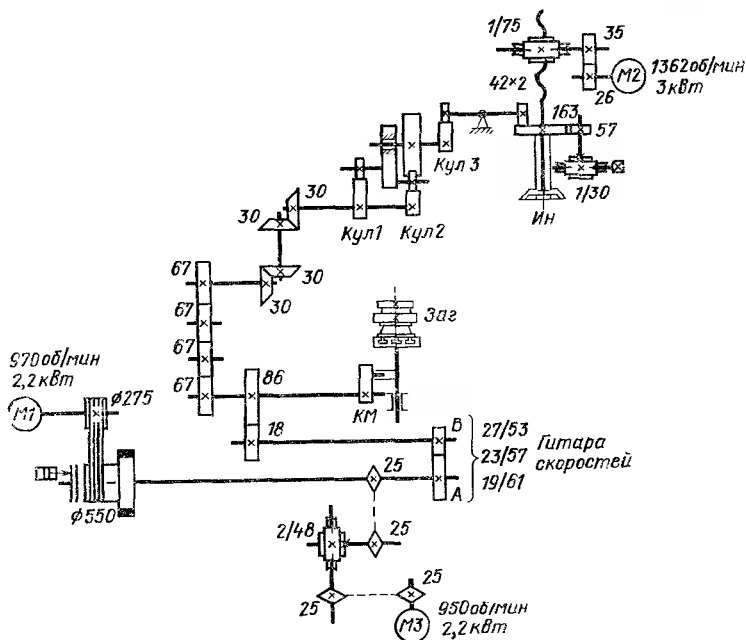


Рис. 51. Кинематическая схема зубодолбежного полуавтомата 5130

резцовой головки, опуская и поднимая их на 1,7 мм, что в свою очередь сдвигает и раздвигает резцы на величину 0,85 мм. При раздвинутых резцах заготовка совершает холостой ход вниз. Кулачок 2 (Кул2) воздействует на собачку храпового механизма, связанного с кулачком 3 (Кул3), профиль которого имеет плавный подъем кривой на большей части окружности и крутой спуск на меньшей ее части. Величина подъема профиля кулачка 3 должна быть равна двойной высоте зуба нарезаемого колеса; следовательно, на каждый нарезаемый модуль требуется свой кулачок подачи. Для получения различной величины единичной подачи устанавливают храповик с другим числом зубьев, при этом одна заготовка полностью может быть обработана с различным числом резцов, приведенных в табл. 52.

52. Число резов при обработке одной заготовки

Число резов	Число зубьев установленного храповика	Число резов	Число зубьев установленного храповика
145	156	198	227
170	194	227	260

55. Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий работы [7]

В зависимости от механической характеристики стали

Марка стали	Твердость НВ	Коэффициенты		
		на подачу K_{Ms}	на скорость K_{Mv}	на мощность K_{MN}
35	156 . . . 187 170 . . . 207	1,0	1,1 1,0	1,0
45	До 241 170 . . . 229	0,9	0,8 0,9	
35Х, 40Х	156 . . . 207	1,0	1,0	
12ХН4А, 20ХНМ, 18ХГТ, 12ХН3, 20Х	156 . . . 229	0,9	0,9	0,9
30ХГТ	156 . . . 207	0,9	0,8	
38ХМЮА	156 . . . 229	0,7		

В зависимости от угла наклона зубьев

Угол наклона зубьев β , град	Коэффициенты $K_{\beta v} = K_{\beta N}$		Угол наклона зубьев β , град	Коэффициенты $K_{\beta v} = K_{\beta N}$	
	Сталь	Чугун		Сталь	Чугун
0	1,0	1,0	30	0,85	0,9
15	0,9	0,95	45	0,7	0,7

В зависимости от количества нарезаемых зубьев

Количество нарезаемых зубьев	Коэффициент K_{zN}		Количество нарезаемых зубьев	Коэффициент K_{zN}	
	Сталь	Чугун		Сталь	Чугун
12	0,95	0,94	80	1,2	1,15
20	1,0	1,0	120	1,2	1,2
40	1,1	1,1			

Частота движения долбяка определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot v}{2 \cdot L} \quad (\text{дв. ход/мин}),$$

где L — длина хода долбяка, состоящая из ширины нарезаемого зубчатого венца (b) и величины перебега (l_1) в обе стороны от венца, определяемого по табл. 56.

В табл. 57 приведена частота движения долбяка, определенная для ряда длин и скоростей. На станке устанавливается ближайшее от табличного значение.

56. Величины перебега долбяка [7]

Ширина венца зубчатого колеса, мм, до	19	51	72	85	122	165
Перебег долбяка в обе стороны венца l_1 , мм	5	8	12	15	20	25

57. Частота движения долбяка [7]

Длина хода долбяка l , мм	Скорость резания v , м/мин									
	10	11,9	14,2	17	20,3	24,2	29	34,5	41,5	50
	Частота движения долбяка, дв. ход/мин									
24	205	245	293	349	417	498	595	710	—	—
29	172	205	245	293	349	417	498	595	710	—
35	144	172	205	245	293	349	417	498	595	710
41	120	144	172	205	245	293	349	417	498	595
49	101	120	144	172	205	245	293	349	417	498
59	85	101	120	144	172	205	245	293	349	417
70	71	85	101	120	144	172	205	245	293	349
84	59,5	71	85	101	120	144	172	205	245	293
100	50	59,5	71	85	101	120	144	172	205	245
119	41,7	50	59,5	71	85	101	120	144	172	205
142	34,9	41,7	50	59,5	71	85	101	120	144	172
170	29,3	34,9	41,7	50	59,5	71	85	101	120	144
203	24	29,3	34,9	41,7	50	59,5	71	85	101	120
242	—	24,5	29,3	34,9	41,7	50	59,5	71	85	101
290	—	—	24,5	29,3	34,9	41,7	50	59,5	71	85

Пример определения режимов резания при зубодолблении

Деталь — цилиндрическое зубчатое колесо, модуль $m = 3$ мм, число зубьев $z = 35$, ширина венца $b = 25$ мм, угол наклона зубьев $\beta = 20^\circ$, материал сталь 40Х, твердость НВ 156 . . . 207.

Операция — чистовая обработка по сплошному металлу.

Оборудование — универсальный зубодолбежный полуавтомат 5122, мощность главного привода 2,1/3 кВт, наибольший обрабатываемый модуль 5 мм.

Выбор подачи. По табл. 53 круговая подача при чистовом нарезании по сплошному металлу для стали выбирается $s_{кр} = 0,30$ мм/дв. ход. По табл. 55 поправочный коэффициент на подачу $K_{Ms} = 1,0$.

Согласно паспорту станка круговая подача принимается $s_{кр} = 0,315$ мм/дв. ход.

Величина радиальной подачи подсчитывается $s_{\text{рад}} = s_{\text{кр}} \cdot 0,2 = 0,30 \cdot 0,2 = 0,06$ мм/дв. ход и принимается согласно паспорту станка $s_{\text{рад}} = 0,067$ мм/дв. ход.

Определение скорости резания. По табл. 54 для нарезаемого модуля до 4 мм и при круговой подаче 0,32 мм/дв. ход скорость резания составляет $v = 18,2$ м/мин.

По табл. 55 поправочные коэффициенты на скорость резания: а) в зависимости от механической характеристики стали $K_{Mv} = 1,0$; б) в зависимости от угла наклона зуба $K_{\beta v} = 0,9$. Нормативная скорость резания с учетом коэффициентов $v = 18,2 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 16,4$ м/мин.

Частота движения долбяка. По табл. 56 величина перебега долбяка для ширины венца свыше 19 и до 51 мм составляет $l_1 = 8$ мм.

Длина хода долбяка $L = b + l_1 = 25 + 8 = 33$ мм. По табл. 57 для длины хода долбяка 35 мм и скорости резания 17 м/мин частота движения долбяка составляет $n = 245$ дв. ход/мин.

Согласно паспорту станка принимаем ближайшее большее значение, так как нормативная взята по меньшим параметрам скорости резания: $n = 280$ дв. ход/мин. При этом фактическая скорость резания будет

$$v = \frac{2 \cdot n \cdot L}{1000} = \frac{2 \cdot 280 \cdot 33}{1000} = 18,5 \text{ м/мин.}$$

Проверка режимов по мощности, затрачиваемой на резание, производится по табл. 54.

Для модуля до 4 мм и круговой подачи $s_{\text{кр}} = 0,32$ мм/дв. ход мощность на резание составляет $N = 1,2$ кВт.

По табл. 55 поправочные коэффициенты на мощность: в зависимости от механической характеристики стали $K_{MN} = 1,0$; в зависимости от угла наклона зуба $K_{\beta N} = 0,9$; в зависимости от числа зубьев $K_{zN} = 1,1$.

Нормативная мощность, затрачиваемая на резание с учетом коэффициентов: $N = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 1,18$ кВт.

Мощность на шпинделе станка N_s с учетом к.п.д. $\eta = 0,8$ составляет: $N_s = 2,1 \cdot 0,8 = 1,68$ кВт, что больше мощности, потребляемой на резание; следовательно, режимы резания выбраны правильно.

§ 25. Причины брака при зубодолблении и способы его устранения

При зубодолблении цилиндрических колес на них могут возникать погрешности, превышающие величины, допускаемые соответствующими стандартами для требуемой точности колеса, и приводящие к браку.

В табл. 58 приведены наиболее характерные из этих погрешностей, указаны причины их возникновения и даны способы их устранения.

58. Погрешности при зубодолблении

Характер погрешностей	Возможные причины	Способы устранения
Большая погрешность профиля зубьев, отклонение шага зацепления, непрямолинейность контактной линии косых зубьев	Погрешность профиля зубьев долбяка (по заточенным поверхностям, по углу профиля, перекосящим образующих переднюю поверхность)	Заменить долбяк, предварительно проверив его точностные параметры. Негодный долбяк перешлифовать по профилю зуба и заточить по передним поверхностям

Характер погрешностей	Возможные причины	Способы устранения
	Циклические погрешности делительных передач станка, большие осевые люфты в делительных передачах	Подтянуть тайки на валу червяка, довести зазоры в червячной делительной передаче до величины не более 0,005 мм
Местное отклонение у ножки зуба. Отклонение контактной линии косых зубьев, неравномерность шагов зубьев	Затупление уголков зубьев долбяка Нестабильность фиксации механизма отвода долбяка на рабочем ходу Местные погрешности шагов зубьев долбяка	Заточить долбяк Проверить надежность фиксации механизма отвода долбяка Перешлифовать долбяк по профилю зубьев
Большая накопленная погрешность окружных шагов зубьев, радиальное биение зубчатого венца, колебание длины общей нормали	Большая накопленная погрешность шага зубьев долбяка Радиальное биение долбяка на станке, перекос передней поверхности долбяка Неполный оборот колеса на рабочем ходе	Заменить долбяк Установить заново долбяк с минимальным радиальным биением и без перекоса передней поверхности Заменить долбяк на имеющий более благоприятное отношение чисел зубьев долбяка и нарезаемого колеса
Погрешность направления зубьев, симметричная по обоим профилям (конусообразность зубьев)	Значительное изменение температуры в процессе нарезания одного колеса Непараллельность направления движения штосселя с долбяком относительно оси вращения колеса в его радиальной плоскости	Обильно охлаждать заготовку, изменить режимы резания Довести точность станка по направлению движения штосселя до нормативной величины
Погрешность направления в одну сторону по обоим профилям	При нарезании прямозубых колес: непараллельность направления движения штосселя относительно оси вращения колеса в плоскости, касательной колесу	Довести точность станка по направлению движения штосселя до нормативной величины
Большая шероховатость поверхности зубьев	При нарезании косозубых колес неточность винтовых направляющих станка Затупление режущих кромок долбяка Нежесткое крепление долбяка или заготовки Загрязнение и неправильный выбор смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ)	Сменить на станке винтовые направляющие Заточить долбяк Увеличить жесткость крепления заготовки, приблизив опорный торец приспособления к нарезаемому венцу Сменить СОЖ

ГЛАВА V. ШЕВИНГОВАНИЕ И ХОНИНГОВАНИЕ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС

§ 26. Технические данные зубошевинговальных и зубохонинговальных станков

На зубошевинговальных и зубохонинговальных станках, основные технические данные которых приведены в табл. 59, производят отделку профиля зубьев цилиндрических колес до состояния, обеспечивающего работу зубчатого колеса в определенных условиях эксплуатации.

59. Технические данные зубошевинговальных и зубохонинговальных станков

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм			Наибольший размер инструмента—диаметр, мм	Частота вращения ведущего звена, об/мин		Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
	диаметр	модуль	ширина венца		инструмента	изделия		
Зубошевинговальные								
5701	125	1,5	40	85	100... 630	—	0,9	1,56
5702B	320	6	100	240	63... 500	—	3	5,3
5Б703	500	10	150	300	—	50... 400	3	4
5717C4	800	12	200	300	—	39... 284	5,5	8,7
5717C3	1250	12	200	300	—	25... 292	5,5	9,7
Зубохонинговальные								
5A913	320	8	120	250	160... 1000	—	4	3,4
5A915	500	12	150	250	—	160... 500	3,7	4,3

Зубошевингование повышает точность зубчатых колес по нормам плавности и контакта, а также уменьшает радиальное биение зубчатого венца.

Зубохонингование устраняет заусенцы и другие повреждения поверхности зубьев после термической обработки колеса, а также уменьшает шероховатость поверхности зубьев.

§ 27. Инструмент для шевингования и хонингования зубьев

Шевингование цилиндрических зубчатых колес производится цилиндрическим шевером. Шевер (рис. 52) представляет собой закаленное прямозубое или косозубое колесо с канавками на профиле зубьев, расположенными перпендикулярно оси шевера или направлению его зубьев. Косозубые шеверы изготовляют с правым или левым направлением зубьев и углами их наклона 5, 10 и 15°. В большинстве случаев шеверы имеют простое число зубьев, чтобы при шевинговании числа зубьев шевера и колеса по возможности не имели общих множителей. Шеверы изготовляют как стандартизованными (ГОСТ 8570—57), так и

по отраслевым нормам (МН 1801—61 и МН 1802—61). В табл. 60 приведены размеры стандартизованных шевров средних модулей.

Шевры номинального диаметра 85 мм изготавливают с углом наклона винтовой линии 10° , а шевры номинальных диаметров 180 и 240 мм с углом наклона винтовой линии 5° и 15° .

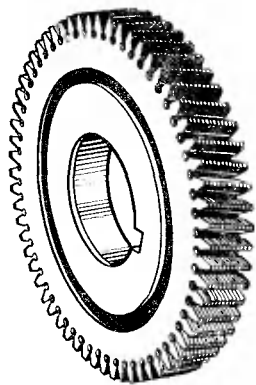


Рис. 52. Шевер дисковый

Стандартные шевры изготавливают трех классов точности: А, В и С. При шевринговании зубчатых колес шевром класса А достигается 6-я степень, шевром класса В — 7-я степень, а шевром класса С — 8-я степень точности по ГОСТ 1643—72.

Пример условного обозначения дискового шевра модуля 3 мм с числом зубьев $z_0 = 73$, углом наклона $\beta_a = 15^\circ$, класса точности В: *шевер т 3×73×15° В ГОСТ 8570—57*.

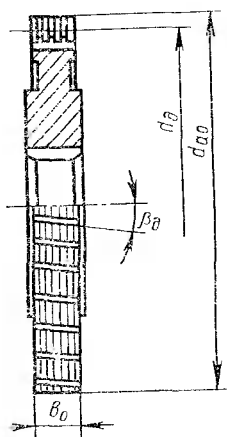
Хонингование цилиндрических зубчатых колес производится дисковыми хонами. Хон представляет собой зубчатое колесо, выполненное из пластмассы, содержащей абразив. Применяют шесть типов хонов, отличающихся между собой по конструкции и составляющим элементам. Размеры дисковых хонов приведены в табл. 61.

Основным является хон типа I, состоящий из двух элементов — стальной ступицы и пластмассово-абразивной смеси на зубчатом венце.

Хоном типа II с резиновой прокладкой можно хонинговать зубчатые колеса «в распор» без амортизирующих устройств.

Хон типа III используется при обработке зубчатых колес больших модулей. Хон типа IV с рессорами обладает повышенной упругостью в окружном направлении.

60. Шевры дисковые для цилиндрических зубчатых колес (ГОСТ 8570—57)



Модуль нормальный m_n , мм	Номинальный делительный диаметр $d_{ном}$, мм	Число зубьев шевра z_0	Ширина шевра b_0 , мм	Модуль нормальный m_n , мм	Номинальный делительный диаметр $d_{ном}$, мм	Число зубьев шевра z_0	Ширина шевра b_0 , мм
1	85	86	16	2	180 240	83 115	20 25
1,25	85	76		2,25	180 240	73 103	20 25
1,25	85 180	67 115	20	2,5	180 240	67 91	20 25
1,375	85 180	62 115	16 20	2,75	180 240	61 83	20 25
1,5	85 180	58 115	16 20	3	180 240	53 73	20 25
1,75	180	100	20				

Модуль нормаль- ный m_n , мм	Номиналь- ный дели- тельный диаметр $d_{\text{ном}}$, мм	Число зубьев шевера z_0	Ширина шевера b_0 , мм	Модуль нормаль- ный m_n , мм	Номиналь- ный дели- тельный диаметр $d_{\text{ном}}$, мм	Число зубьев шевера z_0	Ширина шевера b_0 , мм
3,25	180 240	53 67	20 25	5	180 240	31 43	20 25
3,5	180 240	47 61	20 25	5,5	180 240	29 41	20 25
3,75	180 240	43 61	20 25	6	180 240	27 37	20
4	180 240	41 53	20 25	6,5	240	35	25
4,25	180 240	37 53	20 25	7	240	31	
4,5	180 240	37 51	20 25	8	240	27	25

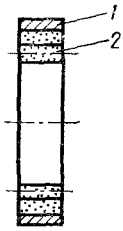
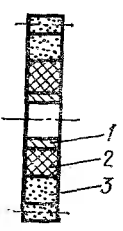
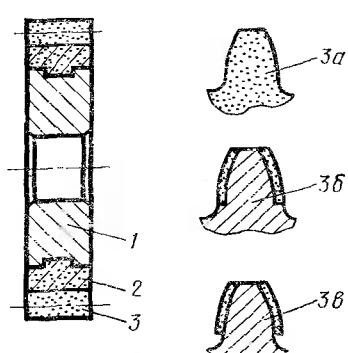
Хон типа V имеет абразивный венс с внутренними зубьями. Хон типа VI состоит из тонкой металлической втулки, пластмассовой ступицы и пластмассово-абразивного венца.

Хон типа VII состоит из стального корпуса, безалмазного слоя и алмазных зубьев. Для обработки колес малых модулей такие зубья состоят из металлической связки с равномерно распределенными алмазми. Для обработки колес средних модулей алмазы распределены только в рабочем слое зубьев хона, а для обработки крупномодульных колес на зубьях хона прикреплены алмазоносные пластинки.

При выборе параметров хона необходимо учитывать следующее: для повышения производительности обработки применять хоны, обеспечивающие угол скрещивания осей 15...20°. Для достижения высокого класса шероховатости поверхности зубьев следует применять хоны, обеспечивающие угол скрещивания 10...12°.

61. Основные характеристики и размеры дисковых хон [10]

Тип хона	Эскиз	Составляющие элементы	Размеры хона, мм		
			наружный диаметр d_a , мм	диаметр отверстия d , мм	ширина венца b , мм
I		1 — сталь 2 — пласт-массово-абразивная смесь	180...245 196; 190	63,5; 100	40 40 30
II		1 — сталь 2 — резина 3 — абразивная смесь	245	90	40
III		1 — сталь 2 — абразивная смесь	245	90; 100	40
IV		1 — сталь 2 — рессора 3 — абразивная смесь	245	90; 100	40

Тип хона	Эскиз	Составляющие элементы	Размеры хона, мм		
			наружный диаметр d_a , мм	диаметр отверстия d , мм	ширина венца b , мм
V		1 — сталь 2 — абразивная смесь	220	—	40
VI		1 — стальная втулка 2 — пластмасса 3 — абразивная смесь	230	57	20
VII		1 — сталь 2 — безалмазный слой 3 — алмазный слой 3 а — алмазные зубья 3 б — алмазный слой 3 в — алмазные пластины	221...235	100	20

§ 28. Основные части и настройка горизонтального зубошевинговального полуавтомата 5702В

Зубошевинговальный полуавтомат 5702В предназначен для чистовой обработки незакаленных прямозубых и косозубых цилиндрических колес внешнего зацепления.

На полуавтомате возможно шевинговать зубчатые колеса с продольной, диагональной и поперечной подачей, а также получать колеса с бочкообразной и конусной формой зуба.

При использовании в условиях крупносерийного и массового производства его оснащают загрузочным устройством и он работает как автомат.

Полуавтомат 5702В (рис. 53) состоит из станины 1, по вертикальным направляющим 3 которой перемещается механизм подачи 19 с барабаном управления 2. В передней части основания станины закреплена гайка 20 винта подъема механизма подач. На верхней плоскости станины смонтирован привод 7 шестерной головки. В основании станины размещены резервуары с маслом гидравлики и охлаждения, в средней части — аппаратура электрооборудования и гидрооборудования 4. Стол 5 через поворотную плиту 15 базируется на корпусе механизма подач. Плита со столом может быть повернута относительно вертикальной оси станка на угол «диагональной подачи», отсчитываемый по круговой линейке 16. Внутри стола на оси 13 смонтирован качающийся стол, на котором закреплены бабки изделия. При шевинговании обычных колес стол зажимается

фиксаторами 6. Шеверную головку 11, несущую на себе шевр, можно повернуть на угол до 35° в обе стороны вращением квадрата вала 10. На приводе шестерной головки 7 находится главный пульт управления 9; второй пульт 14 расположен на столе. Механизм подачи состоит из привода стола и механизма радиального врезания. Ручное перемещение механизма подачи производится вращением валика 17. Валик 18 служит для соединения штока рейки гидроцилиндра с винтом подачи. Рабочая зона полуавтомата закрыта ограждением 12 с крышками 8.

При наладке полуавтомата производятся следующие операции: установка сменных зубчатых колес в главном приводе по выбранной частоте вращения шевера, установка сменных колес гитары продольной подачи стола, установка упоров на барабане радиальной подачи, установка угла скрещивания, межосевого расстояния и величины хода стола. Настройка гитар осуществляется исходя из кинематики полуавтомата.

Кинематическая схема полуавтомата 5702В (рис. 54) состоит из сле-

дующих основных кинематических цепей: главного движения, продольной подачи стола и радиальной подачи консоли.

Цепь главного движения связывает вращение главного электродвигателя *М1* мощностью 3 кВт с вращением инструмента (*Ии*). Настройка цепи осуществляется по формуле

$$n_{\text{ин}} = 183 \cdot \frac{a}{b} \text{ (об/мин)},$$

где *a* и *b* — числа зубьев сменных зубчатых колес.

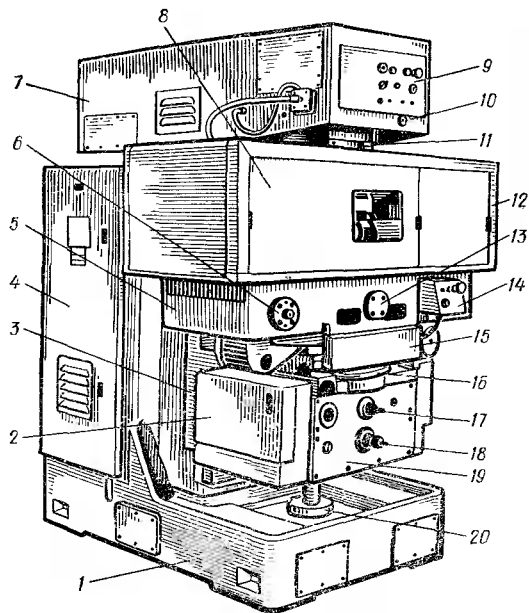


Рис. 53. Зубошевинговальный полуавтомат 5702В:

1 — станина, 2 — барабан управления, 3 — направляющие, 4 — гидропривод, 5 — стол, 6 — фиксатор качающегося стола, 7 — привод шестерной головки, 8 — крышка, 9 — главный пульт, 10 — квадрат поворота шестерной головки, 11 — шестерная головка, 12 — ограждение, 13 — ось качения стола, 14 — вспомогательный пульт, 15 — поворотная плита, 16 — круговая линейка, 17 — ручное перемещение механизма подачи, 18 — валик соединения штока рейки, 19 — механизм подачи, 20 — гайка

Настраиваемая частота вращения шевра приведена в табл. 62.

62. Настройка частоты вращения шевра

Частота вращения шевра, об/мин	Числа зубьев сменных колес	
	<i>a</i>	<i>b</i>
63	22	62
80	26	58
100	30	54
125	35	49
160	39	45
200	45	39
250	49	35
315	54	30
400	58	26
500	62	22

Кинематическая цепь продольной подачи связывает вращение электродвигателя *M2* мощностью 0,6 кВт с перемещением стола, сообщая ему прямолинейное возратно-поступательное движение продольной подачи. Настройка цепи осуществляется по формуле

$$s = 66 \cdot \frac{c}{d},$$

где *s* — продольная подача, мм/мин; *c* и *d* — числа зубьев сменных колес гитары подачи.

По нормативам продольная подача выбирается в мм на один оборот изделия, а затем переводится в устанавливаемую в мм/мин по формуле $s \text{ (мм/мин)} = s \text{ (мм/об)} \cdot n_{изд} \text{ (об/мин)}$.

Значения устанавливаемых на полуавтомате продольных подач приведены в табл. 63.

Кинематическая цепь радиальной подачи связывает вращение кулака (*Кул*) с перемещением стола от вертикального ходового винта 6×1. Угол поворота кулака ограничивается упорами барабана (*Бар*). Величина радиальной подачи определяется по формуле $s_{рад} = 0,02 \cdot n$, где *s* — радиальная подача, выраженная в мм на ход стола, мм/дв. ход; *n* — число интервалов между соседними упорами барабана.

Пример настройки упоров барабана: необходимо снять припуск на толщину зуба $\Delta S = 0,16$ мм, при этом величина общей радиальной подачи, учитывая угол профиля $\alpha = 20^\circ$, составит:

$$h = \frac{\Delta s}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{0,16}{2 \cdot 0,364} = 0,22 \text{ мм.}$$

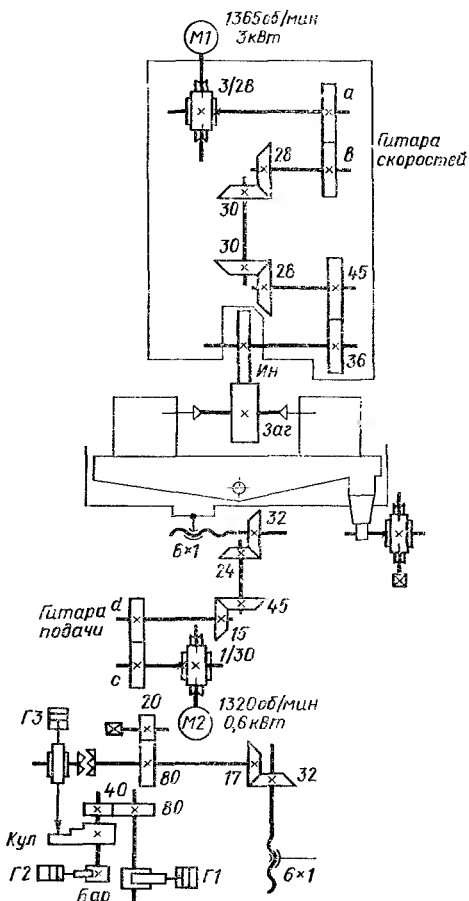


Рис. 54. Кинематическая схема зубошестеренчатого полуавтомата 5702В

63. Настройка продольных подач

Величина подачи, мм/мин	Числа зубьев сменных колес		Величина подачи, мм/мин	Числа зубьев сменных колес	
	<i>c</i>	<i>d</i>		<i>c</i>	<i>d</i>
18	21	75	99	56	40
22,4	25	71	118	61	35
28	30	66	150	66	30
35,5	35	61	190	71	25
45	40	56	236	75	21
56	45	51	300	78	16
71	51	45			

Шевингование в данном случае производится за 10 рабочих ходов согласно табл. 64.

64. Настройка упоров барабана подачи

Ход стола, мм	Радиальная подача, мм/дв. ход	Положение упоров барабана	Ход стола, мм	Радиальная подача, мм/дв. ход	Положение упоров барабана
1	0	0	6	0,02	0,20
2	0,04	0,04	7	0,02	0,22
3	0,06	0,10	8	0	—
4	0,04	0,14	9	0	—
5	0,04	0,18	10	0	—

Угол скрещивания γ , образуемый осями шевра и обрабатываемого колеса (рис. 55), определяется по формуле

$$\gamma = \beta \pm \beta_{ш}$$

где β — угол наклона зубьев обрабатываемого колеса; $\beta_{ш}$ — угол наклона зуба шевра. Знак плюс (+) ставится при одноименном наклоне зубьев колеса и шевра, знак минус (—) при разноименном.

Угол подачи ω устанавливается поворотом стола при осуществлении диагонального шевингования. Величина угла определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{0,7 \cdot b_{ш} \cdot \sin \gamma}{b - 0,7 \cdot b_{ш} \cdot \cos \gamma},$$

где $b_{ш}$ — ширина шевра; b — ширина венца обрабатываемого колеса; γ — угол скрещивания.

Начальное межосевое расстояние между шевром и колесом устанавливается таким образом, чтобы избежать их заклинивания при начальной стадии работы. Для этого между зубьями шевра и колеса должен быть боковой зазор 0,02 . . . 0,05 мм.

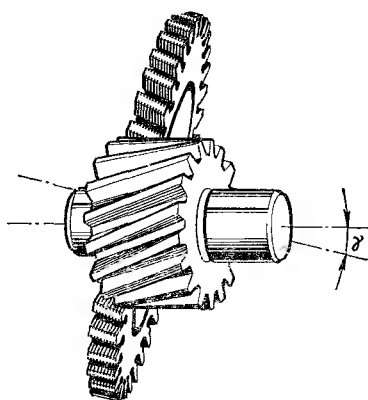


Рис. 55. Образование угла скрещивания осей шевра и изделия

§ 29. Основные части и настройка вертикального зубохонинговального полуавтомата 5А915

Зубохонинговальный полуавтомат 5А915 предназначен для чистовой отделки зубьев термически обработанных цилиндрических колес внешнего зацепления. Работа производится с использованием как окружного, так и радиального нагружения, с продольной и диагональной подачей. На полуавтомате также можно производить отделку зубьев бочкообразной формы.

Полуавтомат 5А915 (рис. 56) состоит из станины 1, в которой с правой стороны размещен шпиндель изделия со столом 16 для установки изделия 15. Сверху станины по продольным направляющим перемещается каретка 4. В передней части размещен привод изделия с гитарой скоростей, находящейся под крышкой 17. Сзади к станине крепится механизм радиального врезания 3, а нижнюю часть занимает резервуар гидравлики с маслоуказателем 19. Аппаратура гидравлики помещена под крышкой 2. Перемещение каретки на межосевое расстояние осуществляется вручную вращением квадрата 18.

Каретка 4 несет на себе поворотные направляющие 8 с зубохонинговальной головкой 10, на шпинделе которой крепят хон 11. Со шпинделем хона связан гидромотор 9, создающий окружное нагружение. Поворот направляющих осуществляется вращением квадрата 5. На корпусе стола установлен механизм 13 ориентации изделия. Механизм правки 6 хона установлен на торце головки 10. Рабочая зона закрыта ограждением 12. Управление работой

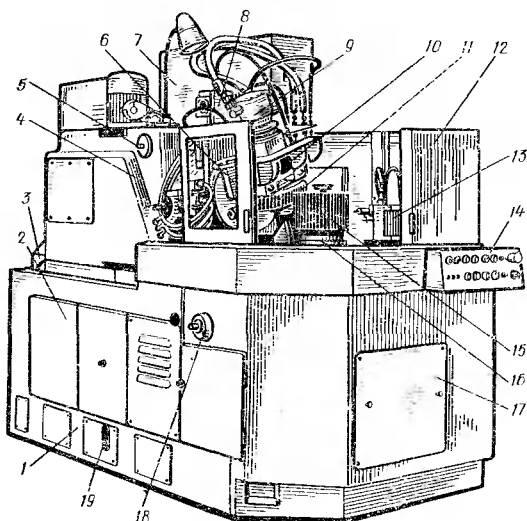


Рис. 56. Зубохонинговальный полуавтомат 5А915:

1 — станина, 2 — гидроаппаратура, 3 — механизм радиального перемещения, 4 — каретка, 5 — квадрат поворота направляющих, 6 — механизм правки, 7 — электрошкаф, 8 — поворотные направляющие, 9 — гидромотор, 10 — зубохонинговальная головка, 11 — хон, 12 — ограждение, 13 — механизм ориентации изделия, 14 — пульт управления, 15 — изделие, 16 — стол, 17 — крышка гитары скоростей, 18 — квадрат настройки межосевого расстояния, 19 — маслоуказатель гидравлики

65. Настройка частоты вращения изделия

Частота вращения изделия, об/мин	Число зубьев сменных колес		Частота вращения изделия, об/мин	Число зубьев сменных колес	
	а	б		а	б
160	30	48	315	43	35
200	35	43	400	48	30
250	39	39	500	52	26

полуавтомата осуществляется с пульта 14, а электроаппаратура управления расположена в шкафу 7, прикрепленном к станине сзади полуавтомата.

Кинематическая схема полуавтомата (рис. 57) состоит из цепи главного движения и цепи осевой подачи, а также цепи перемещения каретки.

Цепь главного движения связывает вращение электродвигателя *M1* мощностью 3,2 кВт с вращением заготовки (*Заг*). Настройка цепи осуществляется сменными зубчатыми колесами *a* и *b* гитары скоростей, которые обеспечивают частоту вращения изделия согласно табл. 65.

Выбор частоты вращения изделия производится исходя из окружной скорости вращения хона, определяемой по формуле

$$v_0 = \frac{v \cdot \cos \beta}{\sin \gamma},$$

где *v* — скорость скольжения зубьев хона и зубьев заготовки, определяемая по нормативам; β — угол наклона зубьев заготовки; γ — угол скрещивания осей хона и заготовки.

При этом частота вращения изделия определяется по формуле

$$n_{изд} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v_0}{\pi \cdot m \cdot z} \text{ (об/мин)}.$$

Цепь осевой подачи связывает вращение электродвигателя *M2* мощностью 0,8 кВт с перемещением хонинговальной головки от ходового винта 6×1 . Настройка осевых подач производится сменными зубчатыми колесами *a*₁ и *b*₁ по табл. 66.

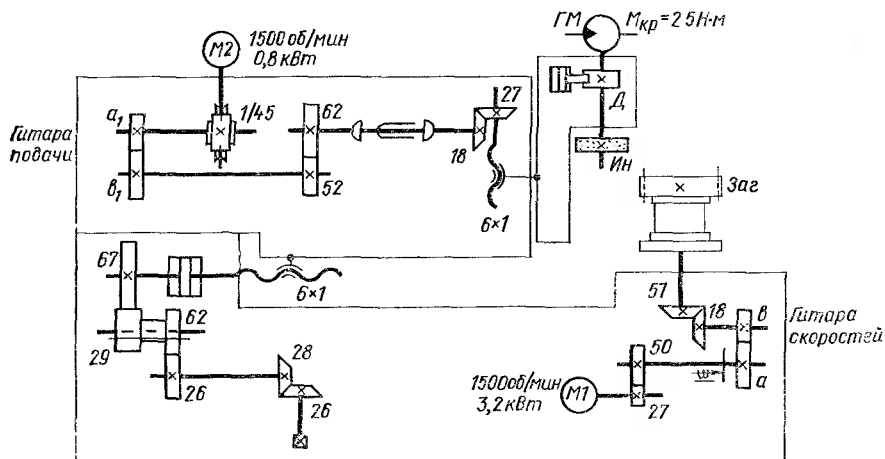


Рис. 57. Кинематическая схема зубохонинговального полуавтомата 5А915

При зубохонинговании осевая подача выбирается в пределах 0,1... 0,5 мм/об (изделия) и переводится в устанавливаемую величину по формуле $s_0 = s \cdot n_{изд}$ мм/мин, где s_0 — минутная осевая подача; *s* — осевая подача, мм/об; $n_{изд}$ — частота вращения изделия, об/мин.

Цепь доворота и фиксации хона работает от гидромотора ГМ, осуществляя установку хона в определенное положение, при котором возможен автоматический его ввод в зубья заготовки. Гидромотор вращает шпиндель с хо-

66. Настройка осевых подач

Величина осевой подачи, мм/мин	Число зубьев сменных колес		Величина осевой подачи, мм/мин	Число зубьев сменных колес	
	a_1	b_1		a_1	b_1
40	27	77	125	55	49
50	32	72	160	61	43
63	38	66	230	66	38
80	43	61	250	72	32
100	49	55	320	77	27

ном до тех пор, пока фиксатор не войдет в паз диска (Д). При этом механизм ориентации изделия также установит его в определенное положение.

§ 30. Режимы обработки при зубошеввинговании и зубохонинговании

Зубошеввингование. Назначение рациональных режимов обработки при зубошеввинговании заключается в выборе радиальной и продольной подачи, а также в установлении частоты вращения шевера по выбранной окружной его скорости.

Общая величина радиальной подачи зависит от припуска на обработку зубьев и определяется по табл. 67.

67. Припуск на обработку зубьев [7]

Модуль m , мм	Форма зуба	Припуск на толщину зуба ΔS , мм	Припуск на обработку по межосевому расстоянию h , мм			
			Угол зацепления α , град			
			15	20	25	30
3,5	Прямой	0,10 ... 0,15	0,18 ... 0,24	0,15 ... 0,20	0,12 ... 0,16	0,10 ... 0,14
5		0,15 ... 0,18	0,25 ... 0,30	0,20 ... 0,25	0,17 ... 0,20	0,15 ... 0,17
8		0,18 ... 0,22	0,30 ... 0,35	0,25 ... 0,30	0,20 ... 0,24	0,17 ... 0,20
3,5	Наклонный	0,15 ... 0,20	0,30 ... 0,40	0,20 ... 0,30	0,16 ... 0,20	0,12 ... 0,18
5		0,20 ... 0,25	0,40 ... 0,45	0,30 ... 0,35	0,20 ... 0,25	0,18 ... 0,20
8		0,25 ... 0,30	0,45 ... 0,55	0,35 ... 0,40	0,25 ... 0,30	0,20 ... 0,25

Меньшее значение припусков следует применять для зубчатых колес с числом зубьев менее 50, большее — для колес с числом зубьев свыше 50.

Величина радиальной подачи определяется по табл. 68, а продольной — по табл. 69 в зависимости от требуемой степени точности и параметров обрабатываемого зубчатого колеса.

При необходимости перевода выбранной по нормативам продольной подачи в мм за один оборот детали в подачу, выраженную в мм/мин, используется формула

$$S = \frac{S \text{ (мм/об)} \cdot Z_{\text{ин}} \cdot n_{\text{ин}}}{Z_{\text{изд}}}$$

Частота вращения шевера определяется исходя из окружной его скорости v_0 , выбираемой по табл. 70:

$$n_{\text{ин}} = \frac{1000 \cdot v_0}{\pi \cdot m \cdot z},$$

где v_0 — нормативная окружная скорость шевера, м/мин; m — модуль шевера; z — число зубьев шевера.

Фактическая скорость фрезания определяется по формуле

$$v_{\text{рез}} = v_0 \cdot \frac{\sin \gamma}{\cos \beta},$$

где γ — угол скрещивания осей шевера и обрабатываемого колеса; β — угол наклона зуба колеса.

68. Радиальная подача при зубошеввинговании [7]

Степень точности зубчатого колеса по ГОСТ 1643—72	Радиальная подача за один ход стола $s_{\text{рад}}$ мм/дв. ход	Количество ходов стола без радиальной подачи
6	0,02...0,25	4...6
7	0,04...0,05	2...4

69. Продольная подача при зубошеввинговании [7]

Степень точности зубчатого колеса по ГОСТ 1643—72	Класс шерохова- тости поверхности по ГОСТ 2789—73	Число зубьев колеса				
		12	17	25	40	100
		Продольная подача стола за один оборот детали s , мм/об				
6...7	8 и выше	0,10... 0,15	0,15... 0,20	0,20... 0,25	0,25... 0,30	0,35... 0,40
	7	0,16... 0,20	0,20... 0,25	0,25... 0,30	0,35... 0,40	0,50... 0,60

70. Окружная скорость шевера [7]

Обрабатываемый материал	Марки стали	Твердость НВ	Окружная скорость v_0 , м/мин
Сталь конструкционная углеродистая	15, 20, 25	170	150
	30, 35	196	140
	40, 45, 50	217	130
		285	80
Сталь конструкционная легированная	20X, 35X, 40X, 18XГТ, 30XГТ, 12XН4А, 20XНМ, 12XНЗ, 38XМЮА, 5XНМ, 6XНМ, 18XНВА	229	105
Чугун серый	—	210	110

Пример определения режимов резания при зубошвинговании

Деталь — цилиндрическое зубчатое колесо, модуль $m=3$ мм, число зубьев $z=35$, ширина венца $b=25$ мм, угол наклона зубьев $\beta=30^\circ$, угол зацепления $\alpha=20^\circ$, материал — сталь 40X, шероховатость поверхности — 7-й класс.

Оборудование — зубошвинговальный полуавтомат 5702В.

Инструмент — шевёр дисковый, диаметр 240 мм, число зубьев $z_{ин}=72$, угол скрещивания 15° .

Режимы резания. По табл. 67 определяется припуск на обработку по межосевому расстоянию для модуля до 3,5 мм и наклонного зуба $h=20$ мм.

По табл. 68 радиальная подача составляет $s_{рад}=0,04$ мм/ход стола.

По табл. 69 продольная подача для числа зубьев до $z=40$ и 7-го класса шероховатости зуба составляет $s_0=0,35$ мм/об детали.

По табл. 70 определяется окружная скорость шевёра для обработки стали марки 40X $v_0=105$ м/мин.

При этом частота вращения шевёра подсчитывается так:

$$n_{ин} = \frac{1000 \cdot v_0}{\pi \cdot d_{д0}} = \frac{1000 \cdot 105}{3,14 \cdot 240} = 140 \text{ об/мин.}$$

Согласно паспорту полуавтомата 5702В (табл. 62) для работы принимается частота вращения $n=125$ об/мин.

Продольная подача, устанавливаемая на полуавтомате, подсчитывается так:

$$s_M = \frac{s_0 \cdot z_{ин} \cdot n_{ин}}{z_{дэд}} = \frac{0,35 \cdot 72 \cdot 125}{35} = 90 \text{ мм/мин.}$$

По паспорту полуавтомата (табл. 63) такая подача имеется.

Зубохонингование. При зубохонинговании возможно радиальное и окружное нагружение системы хон — изделие. При радиальном нагружении (в распор) зубья хона выдерживают большие нагрузки (вследствие симметричного распределения сил), что обеспечивает: больший съём металла, более эффективное уменьшение радиального биения, улучшение направления зуба, сокращение общего времени обработки, более эффективное удаление повреждений с поверхности зубьев обрабатываемого колеса. Радиальное нагружение рекомендуется при обработке зубчатых колес с относительно большими погрешностями.

При окружном нагружении хон изнашивается только по толщине зуба, достигается большее исправление профиля зуба колеса и погрешностей шагов зацепления. Окружное нагружение рекомендуется при обработке точных зубчатых колес.

В табл. 71 приведены рекомендуемые режимы хонингования, полученные на основе исследований этого процесса.

71. Режимы зубохонингования [10]

Параметры режимов	Степень точности зубчатого колеса по ГОСТ 1643-72	
	5 ... 6	7 ... 10
Окружная скорость, м/с	10 ... 15	5 ... 10
Скорость скольжения, м/с	3 ... 5	2 ... 3
Радиальная нагрузка, кгс·м	20 ... 25	40 ... 50
Окружная нагрузка, кгс·м	1 ... 1,15	2 ... 3
Продольная подача, мм/мин	300 ... 600	300 ... 600
Касательная подача, мм/мин	—	60 ... 80
Число двойных рабочих ходов на одно колесо	10	2
Время обработки одного зубчатого колеса, с	60 ... 120	10 ... 30

§ 31. Причины брака при зубошевинговании и способы его устранения

Для обеспечения высокой точности зубошевингования необходимо станок содержать в исправном состоянии, иметь правильно заточенный шевёр, жесткие установочные приспособления для шевёра и изделия, в зону обработки должно поступать достаточное количество охлаждающей жидкости, а также обрабатываемое зубчатое колесо и шевёр необходимо устанавливать с минимальным радиальным биением. Типовые погрешности, возникающие при зубошевинговании, и способы их устранения приведены в табл. 72.

72. Погрешности при зубошевинговании

Характер погрешностей	Возможные причины	Способ устранения
Большая погрешность профиля зубьев и отклонение шага зацепления	Отклонение профиля и шага зацепления шевёра, износ зубьев шевёра	Переточить шевёр
	Использование шевёра с неблагоприятными числом зубьев и коэффициентом коррекции	Заменить шевёр
	Погрешность установки угла скрещивания	Исправить установку угла скрещивания, уменьшить угол
Большая разность окружных шагов	Повышенный припуск на головке или ножке зуба заготовки	Проверить угловые параметры зуба червячной фрезой, используемой для нарезания колес под шевингование
	Большая разность окружных шагов шевёра Радиальное биение шевёра на станке, особенно при равных или близких числах зубьев колеса и шевёра	Переточить шевёр Сменить оправку для установки шевёра
	Большие шаговые погрешности обрабатываемого колеса Большое радиальное биение зубчатого венца заготовки	Повысить точность заготовки по шаговым погрешностям Установить заготовку на более точной оправке
Большая накопленная погрешность окружного шага; колебание длины общей нормали превышает допустимые; большое радиальное биение венца	Большая накопленная погрешность и радиальное биение зубчатого венца заготовки до шевингования	Повысить точность изготовления заготовки под шевингование
	Радиальное биение шевёра	Проверить точность шевёра, сменить оправку для установки шевёра

Характер погрешностей	Возможные причины	Способ устранения
Отклонение направления зубьев, симметричное по обоим профилям; конусообразность зубьев	Недостаточная жесткость оправок и установочных приспособлений Непостоянство межосевого расстояния шевера и обрабатываемого колеса в процессе перемещения стола	Проверить жесткость крепления оправок и жесткость приспособлений Проверить параллельность хода стола или перемещение головки шевера и устранить дефект
Отклонение направления зубьев в одну сторону по обоим профилям	Погрешность установки угла скрещивания Отклонение в одну сторону зубьев заготовок до шевингования	Исправить угол скрещивания Повысить точность направления зубьев заготовки при ее нарезании под шевингование
Образование недошевингованных зубьев на участках у одного торца колеса	Недостаточный вывод шевера за торец обрабатываемого колеса	Увеличить ход шевера в сторону недошевингованных участков зубьев
Образование недошевингованных зубьев на участках у противоположных торцов и на различных профилях	Погрешность установки угла скрещивания Отклонение направления зубьев заготовки до шевингования	Изменить установку угла скрещивания Повысить точность направления зуба заготовки при ее нарезании под шевингование
Большая шероховатость поверхности зубьев	Дефекты режущих кромок шевера, износ шевера	Заточить шевер
	Неточная установка угла скрещивания	Исправить установку угла скрещивания
	Большая продольная подача	Уменьшить величину продольной подачи
	Неправильный выбор смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ)	Заменить СОЖ
	Недостаточное поступление СОЖ в зону резания	Увеличить подачу СОЖ в зону резания
	Недостаточная жесткость установки заготовки или шевера	Проверить и увеличить жесткость установки заготовки и шевера
	Вибрации станка	Устранить вибрации станка

§ 32. Технические данные зубошлифовальных станков

Зубошлифовальные станки по своим конструктивным особенностям, а также по форме используемого шлифовального круга разделяются на пять типов.

Станки, работающие червячным шлифовальным кругом, являются наиболее высокопроизводительными. На них возможно шлифовать зубья модулем менее 1 мм. Точность обработки находится в пределах 3...5-й степени по ГОСТ 1643—72.

Станки, работающие коническим шлифовальным кругом, обладают наибольшей универсальностью среди других типов зубошлифовальных станков. На них достаточно простым способом возможно получить фланкированный профиль зуба.

Станки, работающие двумя тарельчатыми шлифовальными кругами, позволяют получать высокое качество поверхностного слоя обрабатываемого зуба при высокой точности шлифования (3...4-я степень).

Станки, работающие плоской стороной дискового шлифовального круга, имеют наиболее короткую кинематическую цепь, что позволяет обрабатывать эталонные зубчатые колеса и зуборезный инструмент (шевера и долбяки) по 2...4-й степени точности (ГОСТ 1643—72).

Станки, работающие профильным шлифовальным кругом, дают возможность обрабатывать зубчатые колеса внутреннего зацепления.

Основные технические данные зубошлифовальных станков, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл. 73.

73. Технические данные зубошлифовальных станков для цилиндрических колес

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм			Шлифовальный круг			Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
	диаметр	модуль	ширина венца	Тип	Наибольший диаметр, мм	Частота вращения, об/мин		
5В830	125	1,5	80	Червячный	400	1500	3,0	4,3
5В832	200	3	100		400	1500	3,0	6,0
5В833	320	4	150		400	1500	4,0	7,0
5В835	500	6	200		400	1500	5,5	8,5
5В836	800	8	320		450	1500	5,5	10,5
5А841	320	8	150	Конический	350	1920	1,5	8,0
5А842	500	10	220		400	1670	1,5	10,4
5843	800	12	220		400	1670	1,5	11,2
58Е1	320	10	220	Тарельчатый	225	2390, 3345	0,75×2	5,6
5853	800	12	290		275	2660, 1900	0,75×2	7,5
5891С	125	6	30	Плоский	250	2000, 2500	0,6	2,65
5А893С	320	16	55		500	1150	0,75	4,0
5А868	800	12	200	Профильный	400	1650	15	10
5А868Д	600	12	150		350	1810	7,5	10
5Б861В	1000	12	320		350	1800	4	42

§ 33. Инструмент для шлифования цилиндрических зубчатых колес

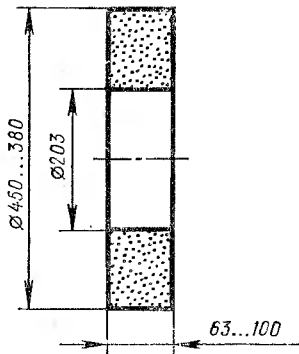
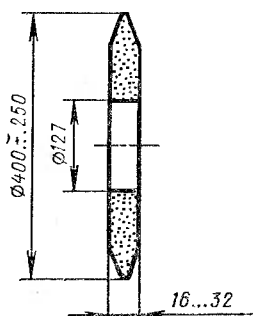
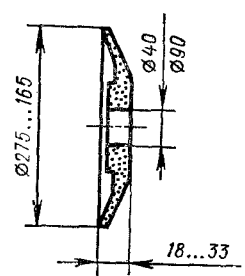
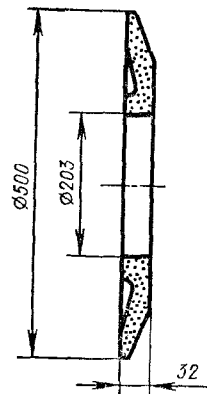
В качестве инструмента на зубошлифовальных станках применяют шлифовальные круги. Шлифовальные круги различают по типу, абразивному материалу, зернистости, степени твердости, структуре, виду связки и классу точности. Типаж шлифовальных кругов определяется ГОСТ 2424—75. Для зубошлифования используют круги типов ПП, 2П, 4П, 3Т, 1Т. Шлифовальные круги общего назначения изготавливают трех классов точности: АА, А и В, которые определяют предельные отклонения наружного диаметра, высоты и диаметра посадочного отверстия круга. Характеристика компонентов, принятых для обозначения шлифовальных кругов, приведена в табл. 74.

Характеристика шлифовальных кругов, применяемых для зубошлифования, приведена в табл. 75.

74. Обозначение компонентов шлифовальных кругов

Компоненты	Название	Обозначение
Абразивный материал	Нормальный электрокорунд Белый электрокорунд Хромистый электрокорунд Титанистый электрокорунд Монокорунд Черный карбид кремния Зеленый карбид кремния Хромтитанистый электрокорунд	16А, 15А, 14А, 13А, 12А 25А, 24А, 23А, 22А 34А, 33А, 32А 37А 45А, 44А, 43А 55С, 54С, 53С 64С, 63С 91А
Зернистость	Шлифзерно Шлифпорошки Микropopoшки Тонкие микropopoшки	200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3 М63, М50, М40, М28, М20, М14 М10, М7, М5, М3, М2, М1
Степень твердости	Мягкий Среднемягкий Средний Среднетвердый Твердый Весьма твердый Чрезвычайно твердый	М1, М2, М3 СМ1, СМ2 С1, С2 СТ1, СТ2, СТ3 Т1, Т2 ВТ ЧТ
Структура	Закрытая Средняя Открытая	№ 1, 2, 3, 4 № 5, 6, 7, 8 № 9, 10, 11, 12
Связка	Керамическая Бакелитовая Вулканитовая	К0, К1, К2, К3, К5, К7, К8 Б, Б1, Б2, Б3, Б4 В, В1, В2, В3

75. Характеристики шлифовальных кругов для зубошлифования цилиндрических колес

Форма круга	Тип круга по ГОСТ 2424-75	Эскиз	Модуль шлифуемого колеса, мм	Характеристика круга				
				материал	зернистость	твердость	структура	связка
Червячный	ПП до формирования витка		0,2 ... 0,4 0,5 ... 0,8 1,0 ... 1,75 2 ... 4 5 ... 6 7 ... 8	24A	3...8 6...12 10...16 12...20 16...25 20...32	CM2 CM2 CM2 CM1 CM1 M3 CM1 M3 M3	8	K7
Конический двусторонний	2П		1 ... 3 3 ... 5 5 ... 12	24A	16...25 25...32 32...40	CM2 CM1 CM M3 ... M2	8	K7
Тарельчатый	3Т		2 ... 12	24A	12...16 16...25 25...40	CM2 CM1 M3 ... M2	8	K7
Плоский	4П		1 ... 16	24A	25	CM1	8	K7

На торцевой поверхности круга маркируются основные его данные. На рис. 58 приведен пример маркировки шлифовального круга, изготовленного Челябинским абразивным заводом (ЧАЗ), из белого электрокорунда (24А), зернистость — № 25, степень твердости — мягкий (МЗ); структура средняя (8), связка керамическая (К5), круг прямого профиля (ПП), наружный диаметр 400 мм, высота круга 80 мм, диаметр отверстия 203 мм, допустимая окружная скорость 35 м/с.

В качестве червячных шлифовальных кругов используют шлифовальные круги прямого профиля (ПП). Готовый к работе червячный круг проверяют специальными шаблонами или под микроскопом. Размеры витка червячного шлифовального круга приведены в табл. 76.

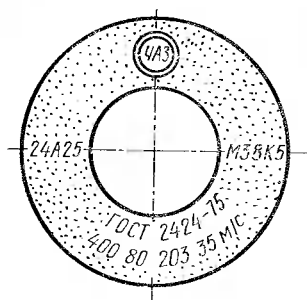
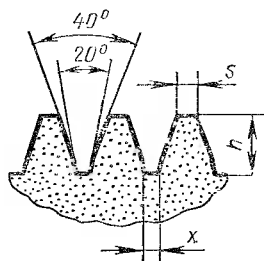


Рис. 58. Пример маркировки абразивного круга

76. Размеры витка червячного шлифовального круга



Модуль, мм	Размеры витка, мм			Модуль, мм	Размеры витка, мм		
	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>x</i>		<i>h</i>	<i>s</i>	<i>x</i>
0,5	1,62	0,3	0,2	2,75	8,22	1,79	1,4
0,6	2,05	0,36		3,0	9,13	1,95	
0,7	2,48	0,42		3,25	9,52	2,11	
0,8	2,96	0,48	0,4	3,5	10,23	2,28	2,0
1,0	3,23	0,60		3,75	10,72	2,44	
1,25	4,32	0,75		4	11,81	2,60	
1,5	4,57	0,97	0,6	5	14,0	3,60	2,7
1,75	5,66	1,13					
2,0	5,89	1,30	1,0	6	16,8	4,32	3,5
2,25	6,98	1,46		7	19,6	5,04	
2,5	8,08	1,63		8	22,4	5,76	4,4

§ 34. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5В833 с червячным шлифовальным кругом

Зубошлифовальный полуавтомат 5В833 предназначен для шлифования зубьев цилиндрических прямозубых и косозубых колес по методу обката с непрерывным делением в условиях серийного и крупносерийного производства. Привод шлифовального круга и изделия осуществляется от отдельных синхронных электродвигателей. Правка червячного круга производится непосредственно на полуавтомате стальными накатниками, алмазными резцами или алмазными роликами, но может осуществляться и вне основного полуавтомата на специальном рабочем станке модели 5033.

Полуавтомат 5В833 (рис. 59) состоит из станины 1, по горизонтальным продольным направляющим которой перемещается шлифовальная бабка 10, а по поперечным направляющим — стойка 21. В станине под крышкой 6 размещена гидравлическая аппаратура управления. Краном 3 устанавливают режим работы

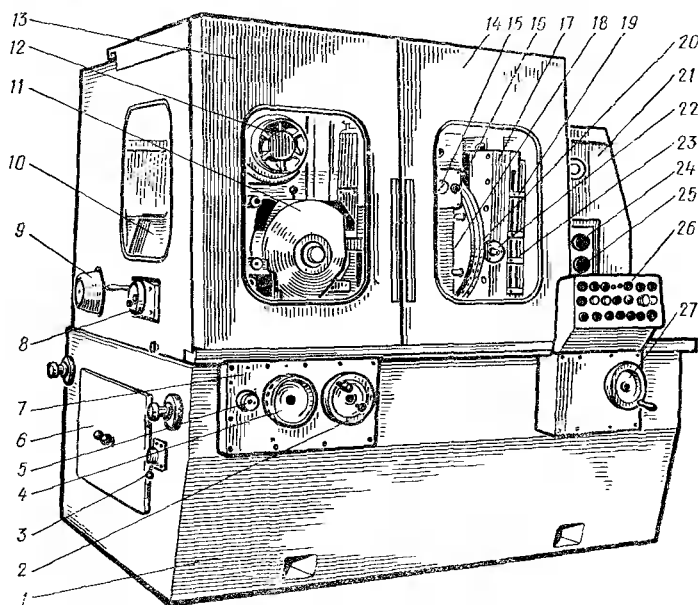


Рис. 59. Зубошлифовальный полуавтомат 5В833:

1 — станина, 2 — маховик радиального перемещения шлифовальной бабки, 3 — кран установки режима, 4 — маховик радиального врезания, 5 — головка установки единичной подачи, 6 — крышка гидростанции, 7 — плата управления, 8 — маховик механизма правки, 9 — привод правки, 10 — шлифовальная бабка, 11 — кожух шлифовального круга, 12 — вентилятор, 13, 14 — ограждение, 15 — манометр торможения, 16 — винт установки давления манометра, 17 — каретка, 18 — суппорт, 19 — кулачок ограничения хода каретки, 20 — линейка, 21 — стойка, 22 — квадрат поворота суппорта, 23 — кулачок изменения величины нагрузки, 24, 25 — лимбы установки подачи, 26 — пульт управления, 27 — маховик перемещения стойки

полуавтомата — цикл или правка. На передней стенке станины на плате 7 находится маховик 2 установки шлифовальной бабки на межосевое расстояние, маховик 4 установки общей величины радиального врезания, головка 5 установки величины единичной подачи шлифовального круга. С правой стороны станины расположен маховик 27 перемещения стойки, здесь же находится основной пульт управления 26.

Шлифовальная бабка 10 служит для размещения шпинделя шлифовального круга со своим синхронным приводом, а также для размещения механизма правки с электродвигателем 9. Маховик 8 служит для перемещения каретки с правящим инструментом. Шлифовальный круг закрывается кожухом 11. На стойке 21 находится каретка 17 с суппортом 18. Поворот суппорта на угол производится вращением квадрата валика 22. На переднюю стенку суппорта выведен манометр 15 с установочным винтом 16. Кулачками 19 ограничивается ход каретки 17, а кулачками 23 осуществляется изменение величины нагрузки, контролируемой манометром 15. На передней стенке стойки размещены лимбы 24 и 25, которыми устанавливают величину подачи. Рабочая зона закрыта дверками 13 и 14. Отсос аэрозолей из рабочей зоны производится вентилятором 12.

Кинематическая схема полуавтомата (рис. 60) состоит из следующих основных кинематических цепей: главного движения, деления, подачи и правки.

Цепь главного движения связывает вращение синхронного электродвигателя М1 мощностью 4 кВт с вращением инструмента (Ин). Червячный шлифовальный круг (Ин) вращается с частотой 1500 об/мин.

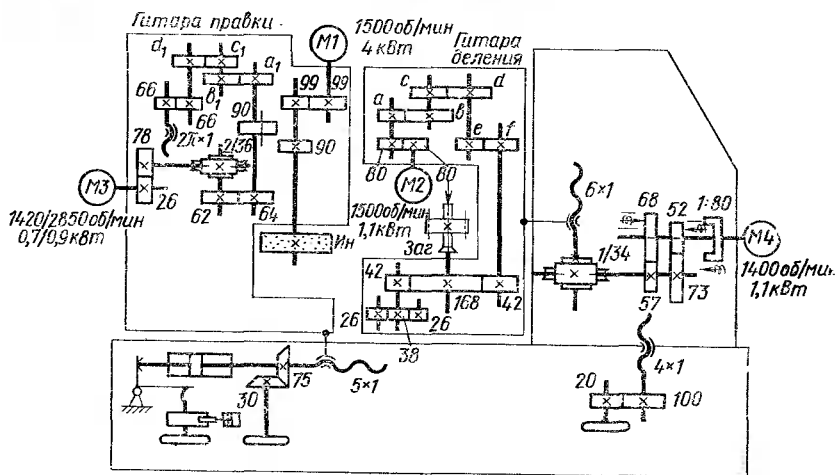


Рис. 60. Кинематическая схема зубошлифовального полуавтомата 5В833

Кинематическая цепь деления связывает вращение синхронного электродвигателя М2 мощностью 1,1 кВт с вращением заготовки (Заг). Так как синхронные электродвигатели М2 и М1 вращаются с одинаковой частотой и составляют так называемый «электровал», то через них получается кинематическая связь между инструментом (Ин) и заготовкой (Заг).

Формула настройки цепи деления:

$$i_{\text{дел}} = \frac{4K}{z} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f},$$

где K — заходимость червячного шлифовального круга; z — число шлифуемых зубьев; a, b, c, d, e, f — числа зубьев сменных зубчатых колес гитары деления.

Таблица настройки гитары деления на число зубьев от 12 до 200 приведена в руководстве по эксплуатации полуавтомата.

Кинематическая цепь подачи связывает вращение электродвигателя М4 мощностью 1,1 кВт с перемещением каретки суппорта от ходового винта 6х1. Величина подачи устанавливается в пределах от 3,78 до 165 мм/мин бесступенчато регулированием магнитного потока, создаваемого катушками муфты скольжения.

Кинематическая цепь правки связывает вращение шлифовального круга (I_n) с перемещением правящего инструмента от ходового винта $2\pi \times \times 1$. Гитара правки настраивается по формуле

$$i_{np} = \frac{m_n}{2} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1},$$

где m_n — нормальный модуль червячного круга: a_1, b_1, c_1, d_1 — числа зубьев сменных колес.

§ 35. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5А841 с коническим шлифовальным кругом

Зубошлифовальный полуавтомат 5А841 предназначен для шлифования прямозубых и косозубых цилиндрических колес одним коническим кругом по методу обката с единичным делением в условиях мелкосерийного и серийного производства. Полуавтомат 5А841 (рис. 61) состоит из станины 1, на которой располагается крестовый суппорт 2 со столом 3 для установки изделия. Справа на станине жестко закреплена колонка 8, в которой под крышкой 13 находится привод ползуна. На передней стенке колонки расположены основной пульт

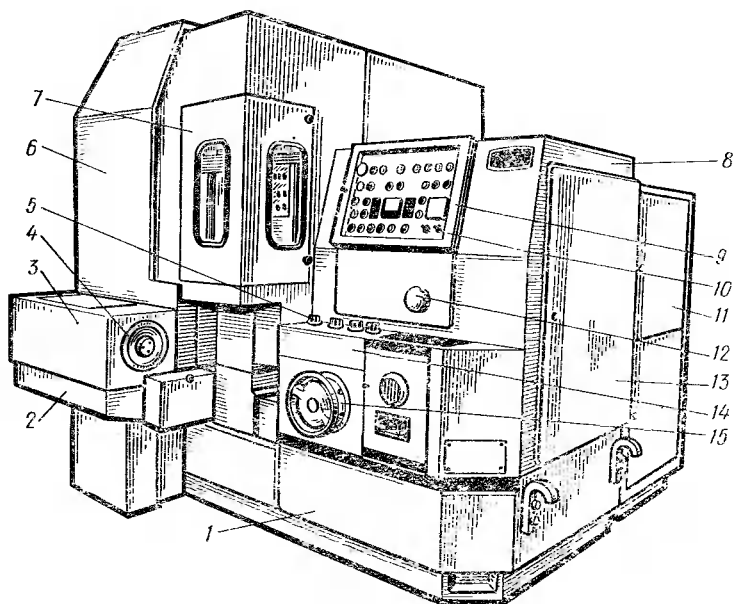


Рис. 61. Зубошлифовальный полуавтомат 5А841:

1 — станина, 2 — крестовый суппорт, 3 — стол, 4 — маховик распределения припуска, 5 — дроссели скорости обката и правки, 6 — ограждение, 7 — дверка ограждения, 8 — колонка, 9 — пульт управления, 10 — рукоятка установки частоты движения ползуна, 11 — электрошкаф, 12 — рукоятка разворота ползуна, 13 — крышка ниши привода ползуна, 14 — панель дросселей, 15 — маховик управления скоростью обката

управления 9 и рукоятка 12 ручного разворота ползуна. В средней части станины находится маховик 15 и панель 14 с дросселями, управляющими скоростями обката и правки. Частота движения ползуна устанавливается на пульте рукоят-

ками 10. Рабочую зону закрывает ограждение 6 с дверкой 7. Сзади полуавтомата расположены электрошкаф 11, гидрооборудование и резервуар с охлаждающей жидкостью. Маховик распределения припуска 4 расположен на стенке стола.

Кинематическая схема полуавтомата 5А841 (рис. 62) состоит из кинематической цепи главного привода, цепи перемещения ползуна и делительно-обкатной цепи. Цепь главного привода связывает вращение электродвигателя $M1$ мощностью 1,5 кВт с вращением инструмента ($Ин$), обеспечивая ему частоту вращения 1920 об/мин.

Кинематическая цепь перемещения ползуна связывает вращение электродвигателя $M2$ мощностью 2,2 кВт с возвратно-поступательным пе-

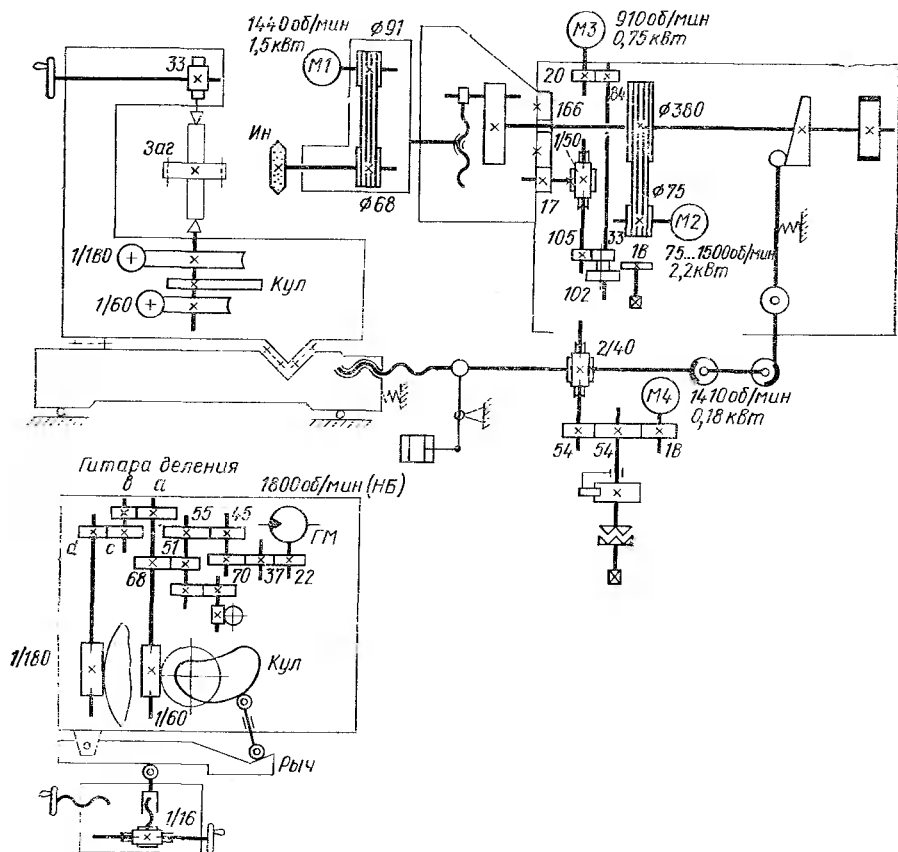


Рис. 62. Кинематическая схема зубошлифовального полуавтомата 5А841

ремещением ползуна через кривошипно-шатунный механизм. Настройка частоты движения ползуна от 50 до 280 дв. ход/мин производится бесступенчато рукоятками с пульта управления.

Делительно-обкатная кинематическая цепь связывает вращение гидродвигателя ГМ с вращением стола от червячной передачи 1/180 и с враще-

нием эвольвентного кулака ($K_{ул}$) от червячной передачи 1/60. Настройка цепи производится по формуле

$$i_{дел} = \frac{3 \cdot z_i}{z_{изд}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

где z_i — число зубьев, на которое поворачивается изделие при делении; $z_{изд}$ — число шлифуемых зубьев; a, b, c, d — число зубьев сменных колес гитары деления.

Формула для z_i :

$$z_i > \frac{4 \cdot (\omega_1 \cdot m + b \cdot \operatorname{tg} \beta_m)}{3\pi \cdot m},$$

где ω_1 — длина хода обката, определяемая по табл. 77; m — модуль зубчатого колеса; b — ширина зубчатого венца заготовки; β_m — угол наклона ползуна. При этом z_i и $z_{изд}$ не должны иметь общих множителей.

77. Длина хода обката, мм (для зубчатых колес модуля $m=1$ и угла зацепления $\alpha = 20^\circ$) [10]

Коэффициент смещения x	Число шлифуемых зубьев							
	10	20	30	40	50	70	100	150
0	5,85	6,45	6,70	6,90	7,10	7,25	7,40	7,50
+0,5	7,10	8,10	8,45	8,80	9,15	9,45	9,80	10,00
+1,0	8,25	9,45	10,00	10,55	10,95	11,30	11,90	12,25
+1,5	9,45	10,80	11,45	12,15	12,75	13,25	14,00	14,55
+2,0	10,25	11,95	12,75	13,60	14,40	15,00	15,90	16,65
-0,5	—	—	10,25	10,15	9,85	9,60	9,45	9,35
-1	—	—	—	—	13,30	13,05	12,65	12,40

§ 36. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5853 с двумя тарельчатыми шлифовальными кругами

Зубошлифовальный полуавтомат 5853 предназначен для шлифования цилиндрических зубчатых колес двумя тарельчатыми кругами, режущие кромки которых могут занимать положение, соответствующее профилю зубчатой рейки (20-градусный метод шлифования), или положение по нормали к профилю шлифуемого зуба (10-градусный метод шлифования). В процессе работы режущие кромки шлифовальных кругов периодически ошупываются плоскими алмазами и при обнаружении износа перемещаются в первоначальное положение. Ось изделия располагается горизонтально.

Полуавтомат 5853 (рис. 63) состоит из станины 1, по продольным направляющим которой перемещается стол 7, а по круговым направляющим, закрытым щитками 22, перемещается колонка 11. С левой стороны станины расположен гидродвигатель 5 с гидропанелью циклов 6, на которой находится рукоятка 3 переключения подачи, лимб реверса стола 4 и пульт управления 2. Стол 7 несет на себе стойку 8 с механизмом обката, а также каретку 18 с механизмом деления 9 и задней бабкой 17, в центрах которых устанавливается заготовка 15. На станине размещены упоры 21 реверса стола и упоры 20 ограничения хода стола. Колонка 11 несет на себе траверсу 13 с суппортами 12, шлифовальными кругами 14 и механизмом правки 10 шлифовальных кругов. На колонке с рабочей ее стороны находится насосная установка 16 и счетчик циклов 19.

Кинематическая схема полуавтомата 5853 (рис. 64) состоит из кинематических цепей главного движения, деления, обката и перемещения шлифовальных кругов.

Кинематическая цепь главного движения обеспечивает вращение шлифовальных кругов с частотой 2390 и 3345 об/мин. Большее значение частоты вращения устанавливается при использовании шлифовального круга малого диаметра (165 мм).

Кинематическая цепь деления осуществляет поворот заготовки (*Заг*) на один зуб. Поворот осуществляется гидравлическим плунжером-рейкой и фиксируется делительным диском (*Дел*). Сменные делительные диски обеспечивают настройку полуавтомата на шлифование зубчатых колес с числом зубьев от 10 до 210.

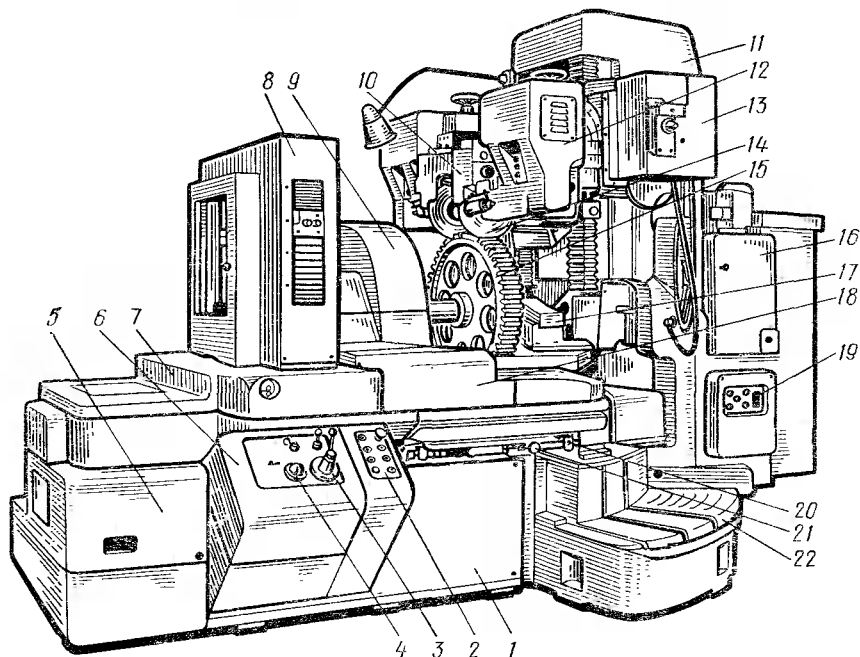


Рис. 63. Зубошлифовальный полуавтомат 5853:

1 — станина, 2 — пульт управления, 3 — рукоятка переключения подачи, 4 — лимб реверса стола, 5 — гидродвигатель, 6 — панель циклов, 7 — стол, 8 — стойка обката, 9 — механизм деления, 10 — механизм правки, 11 — колонка, 12 — суппорт, 13 — траверса, 14 — шлифовальный круг, 15 — заготовка, 16 — насосная установка, 17 — задняя бабка, 18 — каретка, 19 — счетчик циклов, 20 — упоры ограничения хода стола, 21 — упоры реверса стола, 22 — щитки стола

Кинематическая цепь обката связывает вращение гидромотора ГМ с перемещением каретки, несущей изделие. Изменение числа обкатов от 30 до 210 в 1 мин производится бесступенчато регулированием частоты вращения гидромотора. Длина хода обката устанавливается перестановкой пальца кривошипного механизма.

Кинематическая цепь перемещения шлифовальных кругов обеспечивает осевое перемещение на величину износа, тангенциальное перемещение для подачи на врезание, а также для установки относительно изделия, радиальное перемещение для правки кругов по периферии.

Осевое перемещение шлифовальных кругов производится от электродвигателей М1 и М2 после того, как ошупывающий кромки кругов алмаз укажет, что

круги изношены больше заданной величины. После этого собачки заводятся в зубья храпового колеса ($z = 24$), и через зубчатые передачи осуществляется осевое перемещение гильзы с шлифовальными кругами.

Тангенциальное перемещение шлифовальных кругов на врезание, а также наладочные их перемещения осуществляются вручную (на схеме не показаны).

Радиальное установочное перемещение шлифовальных кругов производится от электродвигателя МЗ мощностью 1,1 кВт, а компенсация расхода кругов при правке осуществляется вручную маховичками (Мах1 и Мах2).

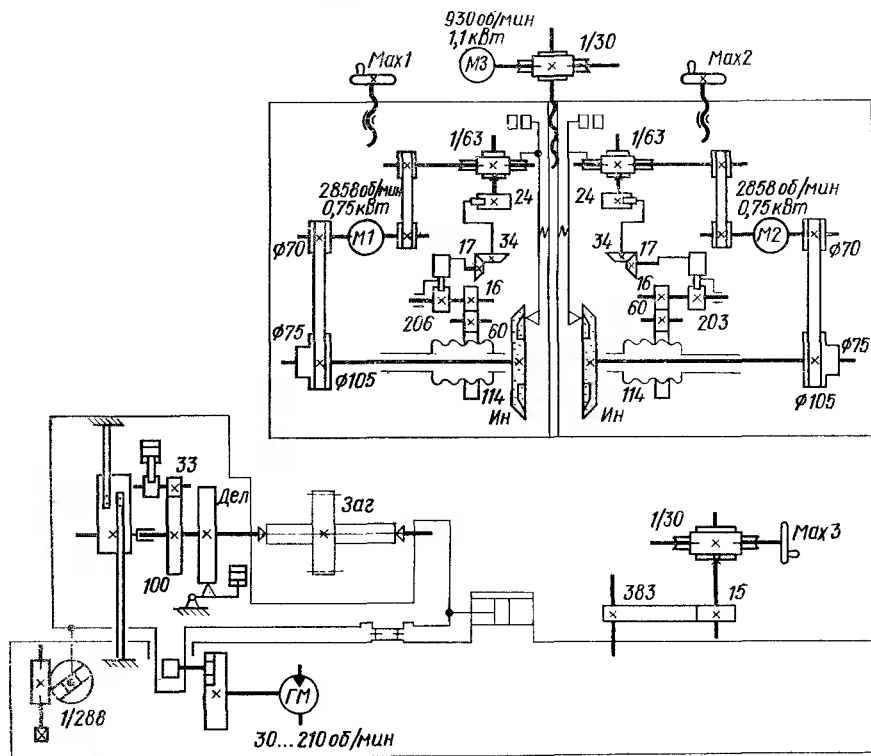


Рис. 64. Кинематическая схема зубошлифовального полуавтомата 5853

Установочный поворот колонки со шлифовальными головками для совпадения торцовых плоскостей шлифовальных кругов с профилем шлифуемого зуба производится маховичком (Мах3) через червячную передачу 1/30 и цилиндрическую передачу 15/383.

Движение алмазов правки на полуавтомате производится либо вручную специальными механизмами, либо автоматически через ряд рычагов и собачек, в определенные моменты соединяемых с храповыми колесами, которые передают возвратно-качательное движение алмазам правки.

§ 37. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5А893С с плоским шлифовальным кругом

Зубошлифовальный полуавтомат 5А893С предназначен для шлифования цилиндрических прямозубых и косозубых колес плоской стороной одного шлифо-

вального круга по методу обката без продольной подачи. С одной установки заготовки обрабатываются зубья только по одной стороне профиля. Вторая сторона профиля зуба шлифуется после перестановки оправки с изделием в шпиндель полуавтомата противоположным концом.

Область основного использования полуавтомата: инструментальное производство, в частности шлифование профиля зубьев шеверов, долбяков и эталонных зубчатых колес.

Полуавтомат 5А893С (рис. 65) состоит из станины 1, на которой слева находится стол 3 с колонкой 8. Наладочное перемещение стола в поперечном направлении осуществляется маховиком 2. Справа станины расположена бабка изделия 15, перемещаемая маховиком 18. В бабке изделия размещен шпиндель, на одном конце которого крепят изделие 12, а на другом делительный диск. Под крышкой 13 на шпинделе установлен эвольвентный кулак обката. На колонке 8 расположена шлифовальная бабка со шлифовальным кругом 4, закрытым защитным кожухом 6. От кожуха к пылеотсасывающему агрегату отходят пылепроводы 5. Установочное перемещение шлифовального круга производится маховиком 7. Сверху колонки над шлифовальной бабкой находятся механизм правки 9 и механизм передачи 11. Маховик 10 служит для перемещения механизма правки. Управление полуавтоматом осуществляется с пульта управления 17. Рядом с пультом размещены лимб и квадрат 14 перемещения пиноли, а также рукоятка 16 ее зажима.

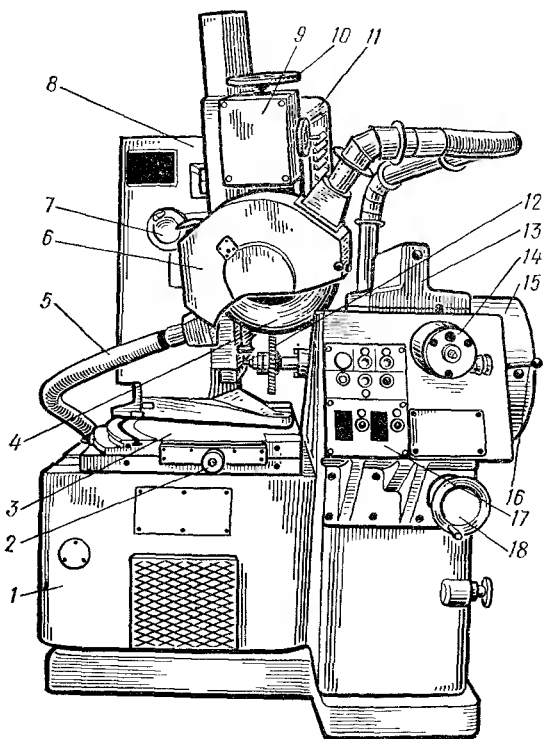


Рис. 65. Зубошлифовальный полуавтомат 5А893С:

1 — станина, 2 — маховик поперечного перемещения стола, 3 — стол, 4 — шлифовальный круг, 5 — пылепровод, 6 — кожух, 7 — маховик перемещения шлифовального круга, 8 — колонка, 9 — механизм правки, 10 — маховик перемещения механизма правки, 11 — механизм передачи, 12 — изделие, 13 — крышка эвольвентного кулака, 14 — квадрат перемещения пиноли, 15 — бабка изделия, 16 — зажим пиноли, 17 — пульт управления, 18 — маховик перемещения бабки изделия

цепей: главного движения, подачи шлифовального круга на алмаз, автоматической правки шлифовального круга, возвратно-поступательного перемещения бабки изделия, деления, ручной подачи изделия на шлифовальный круг и смены эвольвентного копира.

Цепь главного движения связывает вращение электродвигателя $M1$ мощностью 1,1 кВт с вращением шлифовального круга ($Иш$), обеспечивая ему постоянную частоту вращения 1150 об/мин.

Кинематическая цепь подачи круга на алмаз связывает вращение электродвигателя $M1$ с перемещением пиноли, несущей шлифовальный шпиндель. Для осуществления подачи соединяют электромагнитной муфтой ЭМ собачку храпового механизма с храповиком ($z = 24$), и далее по цепи вторая со-

бабка поворачивает храповик ($z = 100$) на угол, установленный перекрышкой, соответствующий подаче 0,01; 0,02 и 0,03 мм.

Кинематическая цепь автоматической правки шлифовального круга связывает вращение электродвигателя $M2$ мощностью 0,03 кВт с перемещением алмаза ($Алм$). Вращение кулака ($Кул1$) передается на ролик и шуп, один конец которого прижимается к копиру ($Коп$), а второй с алмазом к поверхности шлифовального круга. Форма поверхности копира переносится на шлифовальный круг, который осуществляет шлифование нормального или модифицированного зуба.

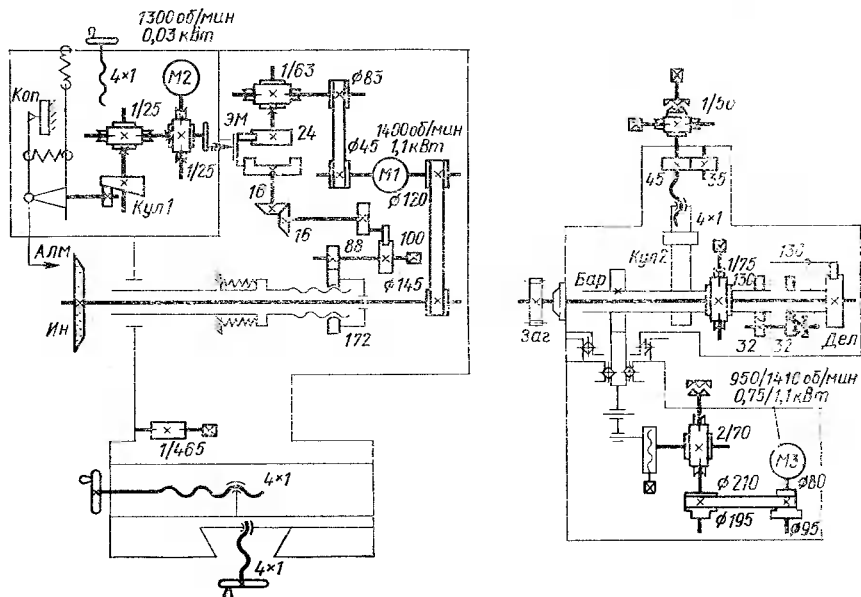


Рис. 66. Кинематическая схема зубошлифовального полуавтомата 5А893С

Кинематическая цепь возвратно-поступательного перемещения бабки изделия связывает вращение двухскоростного электродвигателя $M3$ мощностью 0,75/1,1 кВт с обкаточным перемещением заготовки ($Заг$). В этой цепи находится кривошипно-шатунный механизм и барабан ($Бар$) с лентами, который насажен на наружный шпиндель вместе с эвольвентным кулаком ($Кул2$), отталкивающимся от неподвижной пяты.

Кинематическая цепь деления на один зуб начинается от наружного шпинделя с закрепленным на нем водилом и фиксатором и заканчивается делительным диском ($Дел$), который поворачивается через систему зубчатых колес и рычагов.

За один двойной ход бабки изделия происходит один цикл деления. Угол деления устанавливается перестановкой упоров.

Ручная толчковая подача изделия на шлифовальный круг осуществляется перемещением пяты, на которую опирается эвольвентный кулак, от винта 4×1 .

§ 38. Режимы обработки при зубошлифовании

Назначение рациональных режимов при зубошлифовании заключается в выборе глубины шлифования за один рабочий ход круга, величины продольной подачи и величины скорости обката, обеспечивающих наибольшую производительность при высоком качестве поверхностного слоя профиля зуба. При повышении

параметров режимов резания в ряде случаев происходит большое выделение тепла, приводящее к трещинам и прижомам поверхности зубьев, что резко снижает эксплуатационные качества зубчатых колес.

Рекомендуемые припуски по толщине зуба на шлифование цилиндрических зубчатых колес приведены в табл. 78, а режимы резания — в табл. 79 . . . 84.

78. Припуск на зубошлифование [1]

Модуль, мм	Диаметр колеса, мм				
	до 100	100 . . . 200	200 . . . 500	500 . . . 800	св. 800
	Припуск на толщину зуба, мм				
До 3	0,15...0,20	0,15...0,25	0,18...0,30	—	—
3 . . . 5	0,18...0,25	0,18...0,30	0,20...0,35	0,25...0,45	0,30 . . . 0,50
5 . . . 10	0,25...0,40	0,30...0,50	0,35...0,60	0,40...0,70	0,50 . . . 0,80
10 . . . 20	0,35...0,50	0,40...0,60	0,50...0,70	0,50...0,70	0,60 . . . 0,80
	Допуск на толщину зуба, мм (в тело)				
	0,07	0,10	0,12	0,15	0,18

79. Режимы зубошлифования при работе червячным кругом

Подача

Диаметр колеса, мм	Радиальная подача, мм/раб. ход		Продольная подача, мм/об	
	черновая	чистовая	черновая	чистовая
50 . . . 200	0,05 . . . 0,08	0,01 . . . 0,02	1,5 . . . 3,0	0,20 . . . 0,3
200 . . . 500	0,04 . . . 0,06		1,5 . . . 2,5	0,2 . . . 0,4
500 . . . 800	0,03 . . . 0,05		0,5 . . . 1,0	0,3 . . . 0,5

Единичная передвижка червячного шлифовального круга

Диаметр колеса, мм	Радиальная подача, мм/раб. ход				Диаметр колеса, мм	Радиальная подача, мм/раб. ход			
	0,02	0,04	0,06	0,08		0,02	0,04	0,06	0,08
	Единичная передвижка, мм					Единичная передвижка, мм			
50	1	1,3	1,6	2	500	3,2	4,5	5,5	6,5
100	1,5	2	2,5	2,8	600	3,5	4,8	6	7
200	2	2,8	3,5	4	700	3,8	5,2	6,5	7,5
300	2,5	3,5	4,2	5	800	4	5,5	7	8
400	3	4	5	5,8					

80. Режимы зубошлифования при работе одним коническим кругом

Подача

Модуль, мм	Подача обката мм/дв. ход. (ползуна), при обработке колес с числом зубьев							Подача на глубину шлифования, мм на один рабочий ход	
	10	20	30	40	50	70	св. 70	черновая	чистовая
1,5	0,15	0,25	0,4	0,6	0,75	1,0	1,25	0,05 0,10	0,01 0,02
2	0,2	0,3	0,5	0,75	0,95	1,2	1,45		
4	0,25	0,45	0,75	0,95	1,15	1,75	1,8		
6	0,3	0,65	0,95	1,15	1,35	1,7	2,1	0,05 0,12	0,01 0,02
8	0,45	0,75	1,1	1,35	1,6	1,95	2,35		
10	0,55	0,9	1,25	1,55	1,9	2,2	2,6		
12	0,7	1,2	1,6	2,0	2,3	2,55	3,4	0,05 0,15	0,01 0,02
16	0,8	1,4	1,85	2,3	2,65	3,0	3,8		
20	0,9	1,55	2,1	2,55	2,95	3,3	4,2		

Частота движения ползуна

Длина хода ползуна, мм	Частота движения, дв. ход/мин		Длина хода ползуна, мм	Частота движения, дв. ход/мин	
	станок с диаметром обработки 320 мм	станки с диаметром обработки 500 и 800 мм		станок с диаметром обработки 320 мм	станок с диаметром обработки 500 и 800 мм
До 25	120 ... 280	200	60 ... 80	90 ... 120	70
25 ... 35	120 ... 200	150	80 ... 100	80 ... 100	60
35 ... 60	100 ... 140	100	Св. 100	80	60

81. Режимы зубошлифования при работе двумя тарельчатыми кругами

Модуль, мм	Число ходов обката, мин, при обработке колес диаметром, мм							Подача на глубину шлифования, мм на рабочий ход	
	до 30	30...50	50...100	100...150	150...200	200...250	св. 300	черновая	чистовая
До 3	300	240	240	220	220	220	200	0,04 0,08	0,01 0,02
4	—	240	200	220	220	200	180		
5	—	—	200	200	180	180	160		
6	—	—	200	180	160	130	130	0,05 0,10	0,01 0,02
8	—	—	160	130	130	130	130		
Св. 8	—	—	160	130	120	120	100		

Продольная подача: черновая 3,7 ... 4,7 мм/ход. обк., чистовая 1,1 ...
... 1,3 мм/ход. обк.

82. Режимы зубошлифования при работе профильным кругом

Режимы

Характер рабочих ходов	Число рабочих ходов	Радialная подача, мм/рабочий ход	Скорость продольного хода стола, м/мин
Черновой	В зависимости от припуска	0,10 . . . 0,18	10 . . . 12
Получистовой	3 . . . 4	0,025 . . . 0,035	8 . . . 10
Чистовой	1 . . . 3	0,01 . . . 0,015	5 . . . 10

Частота движения стола

Скорость продольного хода стола, м/мин	Длина хода, мм							
	40	50	64	80	100	125	160	200
	Частота движения стола, дв. ход/мин							
5	63	50	40	32	25	20	16	13
6,3	80	63	50	40	32	25	20	16
8	100	80	63	50	40	32	25	20
10	125	100	80	63	50	40	32	25
12,5	156	125	100	80	63	50	40	32

83. Режимы зубошлифования при работе плоским кругом

Подача [10]

Модуль, мм	Подача на глубину шлифования, мм на один рабочий ход	
	черновая	чистовая
До 4	0,02 . . . 0,03	0,01 . . . 0,02
4 . . . 8	0,03 . . . 0,035	
Св. 8	0,03 . . . 0,05	

Частота движения бабки изделия

Число шлифуемых зубьев	Частота движения, дв. ход/мин	Число шлифуемых зубьев	Частота движения, дв. ход/мин
10 . . . 20	10	60 . . . 100	16
20 . . . 60	13	100 . . . 180	20

§ 39. Причины брака при зубошлифовании и способы его устранения

Целью зубошлифования цилиндрических закаленных колес является получение высокой их точности по профилю зуба, направлению зуба, расположению зубьев на венце относительно оси вращения колеса, а также получение высокого качества поверхности.

В табл. 84 приведены наиболее характерные погрешности, которые встречаются при шлифовании зубчатых колес на станках независимо от их типа и указаны способы устранения этих погрешностей.

84. Погрешности при зубошлифовании

Характер погрешностей	Возможные причины	Способы устранения
Отклонение направления зубьев, симметричное по обоим профилям (конусность зубьев)	Непараллельность направления движения шлифовального круга или шлифуемого колеса относительно его оси в радиальной плоскости колеса	Установить оправку с колесом осью параллельно движению продольной подачи
Разная длина общей нормали у торцов венца, примерно постоянная на всех зубьях	При шлифовании червячным кругом износ рабочих поверхностей витка при одном его рабочем ходе вдоль зуба	Уменьшить режимы резания или установить более твердый шлифовальный круг
Отклонение направления зубьев в одну сторону по обоим профилям (без конусности), разно расположенный контакт по противоположным профилям зубьев	Непараллельность направления движения шлифовального круга или колеса относительно его оси в плоскости, касательной колеса	Установить оправку с колесом осью параллельно движению продольной подачи
	Неточность наладки сменных колес гитары дифференциала	Проверить правильность подбора сменных колес гитары дифференциала
Отклонение направления зубьев, меняющее характер и величину от зуба к зубу	Неточность установки шлифуемого колеса по опорному торцу	Установить колесо более тщательно
Отклонение профиля зуба, равномерно нарастающее от ножки к головке	Неправильная заправка шлифовального круга по профильному углу	Исправить угловое положение инструмента для правки круга и перезаправить шлифовальный круг
	Ошибка настройки гитары обката	Проверить правильность настройки гитары обката
Местное отклонение профиля зуба у головки или ножки	Недостаточная длина хода обката	Увеличить длину хода обката перестановкой упоров для станков с

Характер погрешностей	Возможные причины	Способы устранения
	Износ шлифовального круга у вершины или основания	двигущимся изделием или кругом, сместить по оси червячный шлифовальный круг Произвести правку шлифовального круга
Произвольное отклонение профиля зуба	Недостаточная глубина ввода шлифовального круга в зубья колеса Износ рабочих поверхностей шлифовального круга Неточность шага и радиальное биение витков червячного круга Неточность и радиальное биение барабана обката Неточность профиля копиров правки	Ввести шлифовальный круг глубже во впадину зуба колеса Произвести правку шлифовального круга Установить более точно гитару правки и повторно заправить круг Установить барабан обката более точно Заменить копир на более точный
Большая разность окружных шагов	Неточность установки сменных зубчатых колес гитары деления на станках с червячным кругом Неточность шагов делительного диска Неточность фиксации поворота делительного диска	Установить сменные колеса гитары деления более точно с зазором 0,05 . 0,10 мм между зубьями Заменить делительный диск на более точный Отрегулировать механизм фиксации делительного диска
Большая шероховатость поверхности зуба	Шлифовальный круг имеет крупную зернистость Плохая заправка шлифовального круга	Установить шлифовальный круг с более мелкой зернистостью Более тщательно заправить шлифовальный круг
Прижоги и шлифовочные трещины на зубьях колеса	Повышенная твердость шлифовального круга Слишком мелкая зернистость шлифовального круга Засаленность шлифовального круга (заполнение пор металлом)	Заменить шлифовальный круг на круг с меньшей твердостью Установить шлифовальный круг с более крупной зернистостью при удовлетворении требований к шероховатости зубьев Произвести правку шлифовального круга. При шлифовании червячным кругом сместить его по оси

Характер погрешностей	Возможные причины	Способы устранения
	Недостаточный напор смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ)	Очистить сетки насоса подачи СОЖ
	Неправильный выбор СОЖ	Заменить СОЖ на рекомендуемую для данных условий шлифования
	Неправильный выбор режимов шлифования	Уменьшить величину радиальной или продольной подачи

ГЛАВА VII. ЗАКРУГЛЕНИЕ ТОРЦОВ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС

§ 40. Технические данные зубозакругляющих станков

Обработка торцов зубьев производится как для удаления заусенцев, образующихся при нарезании зубчатых колес, так и для придания торцу зуба специальной формы, необходимой для нормальной работы зубчатого колеса (например, в переключаемых передачах).

Среди станков для обработки торцов зубьев наибольшее распространение получили зубозакругляющие и зубофасочные станки, основные технические данные которых приведены в табл. 85.

85. Технические данные станков для обработки торцов зубьев

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм			Наибольшие размеры инструмента, мм		Частота вращения инструмента, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
	диаметр	модуль	ширина венца	диаметр	длина			

Зубозакругляющие

5Н580	320	6	140	18	70	1400...2000	1,5	3,05
5Н582	500	8	140	18	70	1000...2000	1,5	4,0

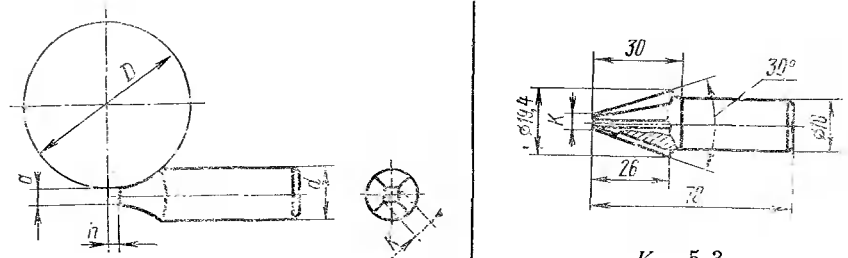
Зубофасочные

5Б525	500	10	350	80	—	12 000	0,3	0,35
5527	1600	16	300	150	—	6000	0,27	0,93

§ 41. Инструмент для зубозакругления

Для закругления торцов зубьев применяют пальцевые, трубчатые червячные и дисковые фасочные фрезы. Наибольшее распространение получили пальцевые фрезы, основные размеры которых приведены в табл. 86.

86. Размеры пальцевых фрез для закругления зубьев



Модуль, мм	Размеры фрез, мм				
	<i>d</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>D</i>	<i>K</i>
1,5	13—0,011	0,94	0,95	19	1,32
2		1,25	1,2	25	1,76
2,5		1,56	1,55	32	2,2
3		1,87	1,8	38	2,64
3,5		2,2	2,15	44	3,1
4		2,5	2,4	50	3,5
5	18—0,011	3,1	3,0	63	4,4
6		3,7	3,6	76	5,3

§ 42. Основные части и настройка зубозакругляющего полуавтомата 5Н580

Зубозакругляющий полуавтомат 5Н580 предназначен для закругления торцов зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических колес наружного и внутреннего зацепления пальцевой фрезой. Обработка производится при непрерывном вращении заготовки и синхронном с ней возвратно-поступательном перемещении инструмента, совершающем быстрое вращательное движение. На полуавтомате в зависимости от размера зуба можно производить обработку за один или несколько (2...4) оборотов изделия.

Полуавтомат 5Н580 (рис. 67) состоит из станины 1, по прямоугольным направляющим которой перемещается стойка 6. В передней части станины вертикально установлен шпиндель изделия со столом, закрытым ограждением 12. Сзади станины в нишах размещены гитара времени цикла, гитара деления, гидроцилиндр перемещения стойки и электродвигатель цепи деления. Основание станины занято резервуаром для охлаждающей жидкости (СОЖ), подача которой в зону резания производится насосом, находящимся справа на станине. Здесь же расположен магнитный сепаратор очистки СОЖ. Стойка 6 несет на себе салазки суппорта 9, в которых помещен инструментальный шпиндель 11. Сверху инструмента под кожух шлангом 10 подведена охлаждающая жидкость.

В верхней части стойки находятся гидроцилиндр 7 вертикальной подачи суппорта и маховик 8 для установочного перемещения суппорта. Продольное

перемещение стойки 6 осуществляется вращением валика 13. Рядом с ним на передней стенке станины расположен валик 14 установки делительного колеса в исходное положение. Гидравлическое и электрическое оборудование вынесено за пределы полуавтомата в отдельный шкаф.

Электроаппаратура находится под дверками 4, а гидроаппаратура под дверками 3. Низ шкафа занят резервуаром 2 гидравлики, а сверху укреплен пульт управления 5.

Кинематическая схема полуавтомата 5Н580 (рис. 68) состоит из следующих основных кинематических цепей: главного движения, деления и времени цикла. Цепь главного движения связывает вращение главного электродвигателя $M1$ мощностью 1,5 кВт с вращением инструмента ($Ин$). Настройка цепи производится сменными шкивами согласно табл. 87.

87. Установка частоты вращения инструмента

Диаметры шкивов, мм		Частота вращения фрезы, об/мин
D_1	D_2	
80	160	1400
90	152	1650
100	140	2000

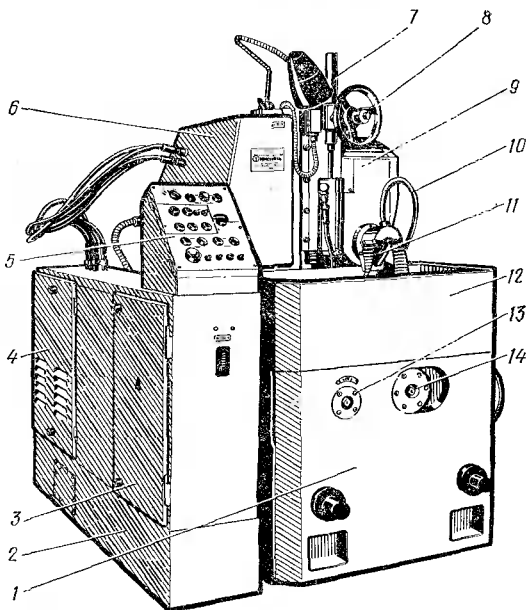


Рис. 67. Зубозакругляющий полуавтомат 5Н580:

1 — станина, 2 — резервуар гидравлики, 3 — гидростанция, 4 — электрошкаф, 5 — пульт управления, 6 — стойка, 7 — гидроцилиндр подачи, 8 — маховик перемещения суппорта, 9 — суппорт, 10 — охлаждение, 11 — инструментальный шпиндель, 12 — ограждение стола, 13 — квадрат перемещения стойки, 14 — валик установки делительного колеса в исходное положение

Кинематическая цепь деления связывает вращение заготовки ($Заг$) с вращением кулачка ($Кул$). За один оборот кулачка заготовка поворачивается на один зуб. Настройка цепи осуществляется сменными зубчатыми колесами по формуле

$$i_{\text{дел}} = \frac{20}{z} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

где z — число зубьев заготовки; a, b, c, d — числа зубьев сменных колес гитары деления.

Кинематическая цепь времени цикла связывает вращение электродвигателя $M2$ мощностью 1,1 кВт с вращением заготовки ($Заг$). Настройка цепи производится сменными зубчатыми колесами согласно табл. 88.

Установка суппорта по высоте осуществляется вручную, а врезание в зуб заготовки на величину 0,1...0,18 мм — автоматически гидроцилиндром Ц2.

Установка стойки на размер обрабатываемого колеса производится вручную, а ее отвод и подвод по циклу — от гидроцилиндра Ц1.

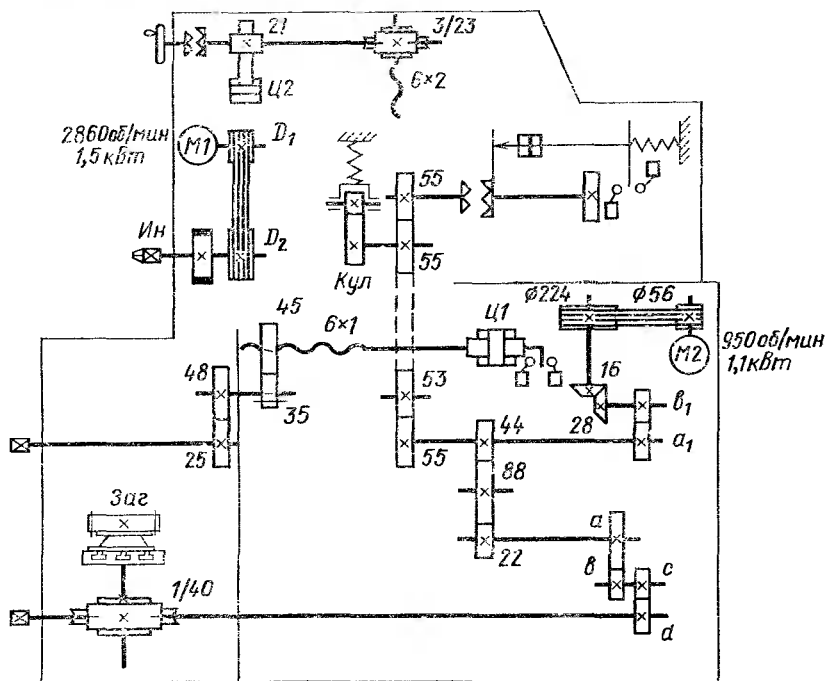


Рис. 68. Кинематическая схема зубозакругляющего полуавтомата 5H580

88. Настройка цепи времени обработки одного зуба

Числа зубьев сменных колес		Время обработки одного зуба за один рабочий ход, с/зуб
a_1	b_1	
62	60	0,76
54	68	1,0
48	74	1,2
40	82	1,62

§ 43. Режимы обработки при зубозакруглении

Рациональные режимы резания должны обеспечивать наибольшую стойкость инструмента при высокой производительности обработки. Снятие на зубчатом колесе фаски под углом 12° улучшает условия работы фрез. Закругление обычно осуществляется за несколько рабочих ходов и зависит от модуля зубчатого колеса. Рекомендации по выбору глубины врезания и числа рабочих ходов приведены в табл. 89 и 90.

89. Выбор глубины врезания и числа рабочих ходов при зубозакруглении на станке 5Н580

Модуль, мм	Общая глубина врезания, мм	Глубина врезания по рабочим ходам, мм			
		1-му	2-му	3-му	4-му
1,5 ... 2	1,3 ... 1,4	1,3 ... 1,4	—	—	—
3 ... 4	2,85 ... 3,1	2,3 ... 2,5	0,5	0,15 ... 0,20	—
5 ... 6	4,4 ... 5	3,0	1,0	0,7	0,3

90. Режимы резания при зубозакруглении на станке 5Н582 [1]

Модуль, мм	Число рабочих ходов	Круговая подача фрезы, мм/зуб	Частота вращения фрезы, об/мин	Скорость резания, м/мин	Время обработки одного зуба, с
3	1	0,08 ... 0,10	1500	18	1,5
4	2			24	2,5
5	3			29	4,0
6	4			35	4,5
7	5		1000	37	5,0
8	6			31	6,0

ГЛАВА VIII. НАРЕЗАНИЕ ШЛИЦЕВЫХ ВАЛОВ НА ШЛИЦЕФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

§ 44. Технические данные шлицефрезерных станков

На шлицефрезерных станках осуществляют нарезание шлицевых валов по методу обката или копирования. По конструктивному исполнению шлицефрезерные станки делятся на горизонтальные и вертикальные. Наибольшее распространение получили станки с горизонтальным расположением оси изделия. В табл. 91 приведены основные технические данные шлицефрезерных станков отечественного производства. Станки 5350 А, Б, В конструктивно подобны и отличаются только длиной станины.

91. Технические данные горизонтальных шлицефрезерных станков

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемого изделия, мм			Наибольшие размеры устанавливаемых червячных фрез, мм		Частота вращения фрезы, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
	диаметр	модуль	длина венца	диаметр	длина			
МШ300	125	8	700	160	—	31,5 ... 200	11/15	8
МШ301	150	8	1000	160	—	31,5 ... 315	11/15	10,3
5350А	150	6	1000	140	105	80 ... 250	6,5/7,5	3,8
5350Б	150	6	1500	140	105	80 ... 250	6,5/7,5	4,15
5350В	150	6	2000	140	105	80 ... 250	6,5/7,5	4,55

§ 45. Инструмент для нарезания шлицев

Для нарезания на валах шлицев применяют червячные и дисковые фрезы, а также шлицевые протяжки. Наибольшее распространение получили червячные фрезы. Зубья фрез для нарезания прямобоковых шлицев имеют специальный

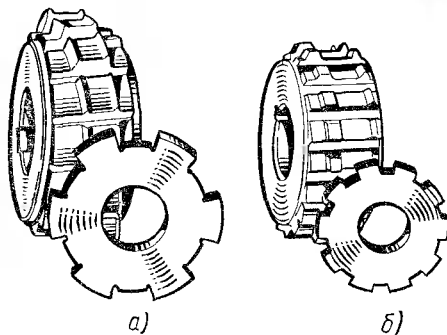


Рис. 69. Червячные шлицевые фрезы:

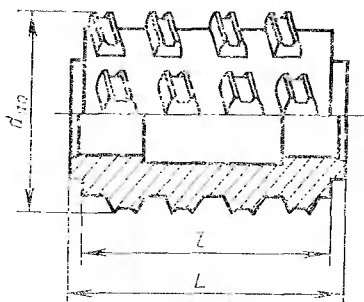
a — с усиками, *б* — без усиков

профиль, при этом для каждого диаметра вала и числа зубьев требуется отдельная фреза (рис. 69). При центрировании шлицевых валов по внутреннему диаметру зубья фрезы снабжены усиками (рис. 69, *a*), прорезающими канавки в местах перехода внутреннего диаметра к боковой поверхности шлица. При центрировании вала по наружному диаметру на зубьях фрезы таких усиков не делают (рис. 69, *б*).

Червячные фрезы для нарезания эвольвентных шлицев имеют конструктивное исполнение зубьев, аналогичное червячным модульным зуборезным фрезам. Такой фрезой нарезают шлицы на валах всех размеров, но одного модуля.

Основные размеры чистовых червячных фрез для шлицевых валов с прямобоковым профилем приведены в табл. 92.

92. Размеры чистовых червячных фрез для шлицевых валов с прямобоковым профилем (ГОСТ 8027—60)



Параметры шлицевого вала, мм				Параметры фрезы, мм			
наружный диаметр	внутренний диаметр	ширина шлица	число зубьев	наружный диаметр d_{a0}	общая длина L	длина без буртиков l	число зубьев z_0
25	21	6	6	65	50	40	12
28	24	7	6	65	53	43	12

Параметры шлицевого вала, мм				Параметры фрезы, мм			
наружный диаметр	внутренний диаметр	ширина шлица	число зубьев	наружный диаметр d_{a0}	общая длина L	длина без буртиков l	число зубьев z_0
30	25	8	8	70	53	43	12
32	28	8					
35	30	9					
40	35	10					
50	45	12	6	90	63	52	12
60	54	14		110	71	58	14
75	65	16		130	80	66	
80	70	20		135	80	66	
90	80	20		140	80	66	
38	33	6	10	70	45	35	12
42	36	6		70	50	40	
45	39	7		75	53	42	
55	47	9		75	56	45	
65	55	10		80	56	45	14
70	60	11		80	60	49	
100	90	14		110	71	58	
120	110	20		125	80	66	
140	125	20		130	85	71	
160	145	22		135	95	81	
180	160	24		140	100	86	

§ 46. Основные части и настройка шлицефрезерного универсального полуавтомата 5350А

Шлицефрезерный полуавтомат 5350А предназначен для нарезания шлицевых валов и цилиндрических зубчатых колес червячной фрезой по методу обката. Полуавтомат имеет горизонтальную компоновку, при которой обрабатываемое изделие закрепляется в центрах шпинделя и задней бабки и приводится во вращение хомутиком.

Полуавтомат 5350А (рис. 70) состоит из станины 1, имеющей две пары горизонтальных направляющих: по передним — перемещается задняя бабка 15, а по задним — каретка 13. Внутри станины справа находится резервуар гидросистемы с маслоуказателем 17 и фильтром 16, а слева резервуар для охлаждающей жидкости. Делительная коробка 3, жестко закрепленная на станине, содержит шпиндель изделия 4 с делительной червячной передачей. На переднем конце шпинделя расположены центр с поводком или цанговый зажим.

Коробка передач 6, расположенная с левой стороны станины, осуществляет передачу движения на делительную коробку и ходовой винт перемещения каретки. Каретка 13 несет на себе фрезерную головку 9 с маховиком и пультом управления 7, а также главный электродвигатель 11. Передача вращения от главного электродвигателя осуществляется ременной передачей со сменными шкивами, закрытыми кожухом 12.

Управление станком осуществляется с двух пультов. На пульте 2 находятся кнопки включения гидронасоса, освещения и подачи охлаждающей жидкости, на

верхнем пульте 7 — кнопки управления циклом. Аппаратура управления сосредоточена в электрошкафу 5. Фрезерный шпиндель может перемещаться вдоль своей оси при вращении вручную валика 10, а пиюль задней бабки перемещается гидравлически при повороте рукоятки 14.

Кинематическая схема полуавтомата 5350А (рис. 71) состоит из следующих кинематических цепей: главного движения, деления и подачи.

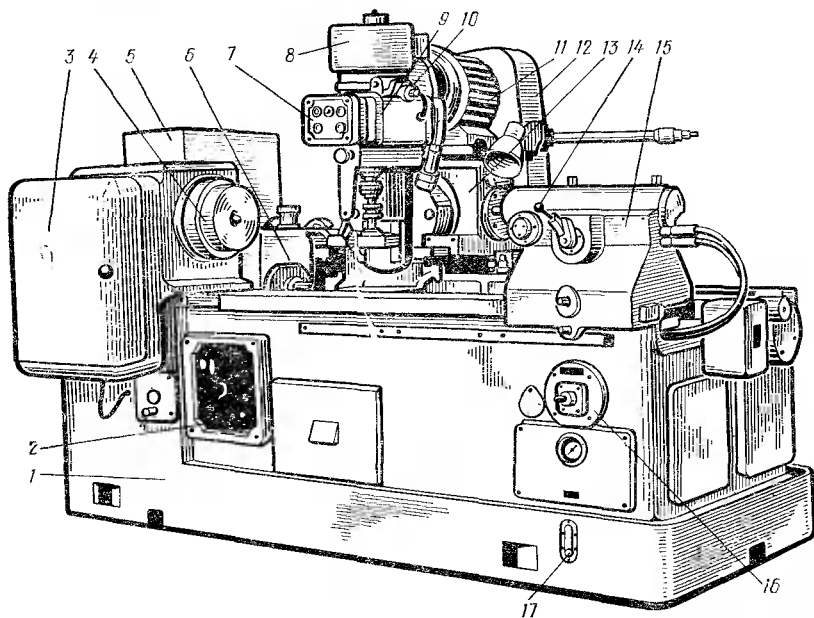


Рис. 70. Шлиф-фрезерный универсальный полуавтомат 5350А:

1 — станина, 2 — пульт управления, 3 — делительная коробка, 4 — шпиндель из- деления, 5 — электрошкаф, 6 — коробка подачи, 7 — верхний пульт, 8 — маховик, 9 — фрезерная головка, 10 — квадрат осевого перемещения фрезы, 11 — главный привод, 12 — кожух сменных шкивов, 13 — каретка, 14 — рукоятка перемещения пиноли, 15 — задняя бабка, 16 — фильтр гидравлики, 17 — маслоуказатель гидравлики

Цепь главного движения связывает вращение главного двухскоростного электродвигателя *М1* мощностью 6,5/7,5 кВт с вращением фрезы (*Ин*), обеспечивая ей частоту вращения 80, 100, 125, 160, 200 и 250 об/мин. При наличии сменных шкивов частота вращения инструмента может быть повышена до 320, 400 и 500 об/мин.

Цепь деления связывает вращение фрезы (*Ин*) с вращением заготовки (*Заг*) через гитару деления, формула настройки которой

$$i_{\text{дел}} = \frac{6}{z} = \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D},$$

где *z* — число зубьев нарезаемого шлицевого вала; *A*, *B*, *C* и *D* — числа зубьев сменных колес гитары деления. Таблица настроек гитары деления на число зубьев от 4 до 54 приведена в руководстве по эксплуатации полуавтомата.

Цепь подачи связывает вращение заготовки с перемещением фрезерной

головки от ходового винта 10×1 . Настройка цепи осуществляется гитарой подачи по формуле

$$i_{\text{под}} = \frac{s}{8} = \frac{K}{L} \cdot \frac{M}{N},$$

где s — подача, мм/об; K, L, M, N — числа зубьев сменных колес. Величины настраиваемых на полуавтомате подач приведены в табл. 93.

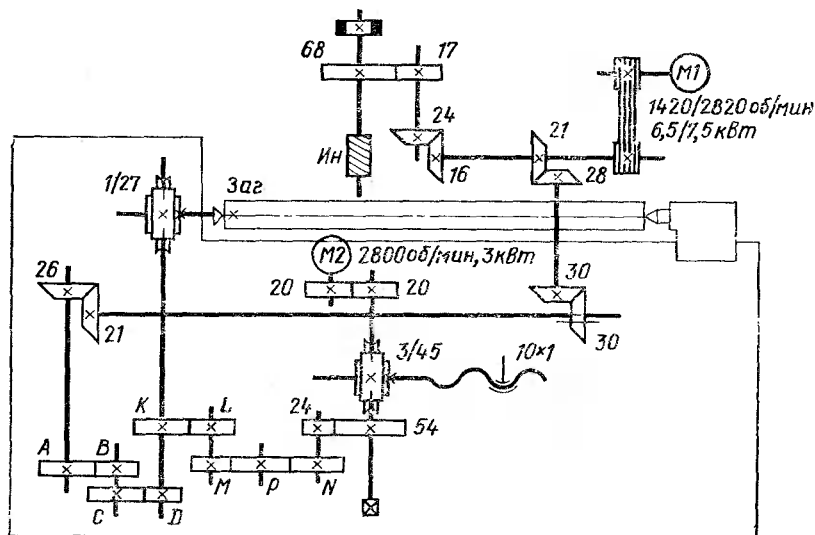


Рис. 71. Кинематическая схема шлифрезерного полуавтомата 5350А

93. Настройка подач

Подача s , мм/об	Числа зубьев сменных колес				Подача s , мм/об	Числа зубьев сменных колес			
	K	L	M	N		K	L	M	N
0,63	28	96	28	100	2,5	32	64	48	80
0,8	32	96	30	100	3,15	40	80	64	80
1,0	30	80	32	96	3,55	28	80	80	64
1,25	30	80	40	96	4,0	32	80	80	64
1,6	32	64	30	80	4,5	36	80	80	64
2,0	32	64	40	80	5,0	40	80	80	64

Установка инструмента. Червячную шлицевую фрезу устанавливают так, чтобы ее зубья были расположены симметрично оси заготовки. Для этого используют приспособление, закрепляемое на корпусе фрезерной головки во время наладки. Вращением маховика 8 и валика 10 (рис. 70), фреза подводится к пальцу приспособления до положения одновременного касания ее зубьев кони-

ческой поверхности пальца; при этом передние грани зуба фрезы должны совпадать с плоскостью лыски пальца.

§ 47. Основные части и настройка специального шлицефрезерного полуавтомата МШ300

Полуавтомат МШ300 предназначен для нарезания прямолинейных шлицев на валах в условиях крупносерийного производства. Нарезание осуществляется червячной фрезой по методу обката за один или два рабочих хода. Ось изделия расположена горизонтально. Полуавтомат (рис. 72) состоит из станины 1, по продольным горизонтальным направляющим которой перемещается стол 2. Внутри станины размещены механизм продольной подачи, механизм поперечных подач 13, механизмы гидравлики с педалью 14 отвода заднего центра. На передней стенке станины укреплены пульт управления 12 и блок конечных выключателей 11.

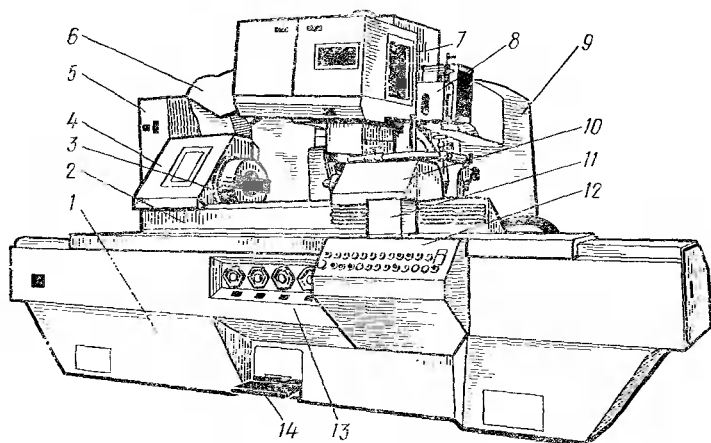


Рис. 72. Специальный шлицефрезерный полуавтомат МШ300:

1 — станина, 2 — стол, 3 — патрон, 4 — передняя бабка, 5 — электрошкаф, 6 — двузвенник, 7 — суппорт, 8 — механизм передвигания, 9 — салазки, 10 — задняя бабка, 11 — блок конечных выключателей, 12 — пульт управления, 13 — механизм поперечных подач, 14 — педаль отвода заднего центра

На столе находятся передняя 4 и задняя 10 бабки. Передняя бабка служит для вращения обрабатываемого изделия, которое устанавливается в центр патрона 3. Задняя бабка служит для центрирования изделия и создания на него осевого усилия гидравлическим цилиндром, управление которым осуществляется педалью 14. На размер обрабатываемого изделия задняя бабка перемещается по столу вручную. Передача вращения на шпиндель, находящийся в передней бабке, производится через зубчатые передачи, расположенные в двузвеннике 6, который состоит из двух корпусов. Один корпус смонтирован на валу суппорта 7, а второй на червяке передней бабки.

Суппорт укреплен на лицевой стороне салазок 9, которые могут перемещаться по поперечным направляющим станины. Для периодической передвигки фрезы на салазках имеется механизм 8, содержащий храповое зубчатое колесо, гидроцилиндр и линейку. Электроаппаратура размещена в отдельном шкафу 5.

Кинематическая схема полуавтомата МШ300 (рис. 73) состоит из следующих кинематических цепей: главного движения, деления, продольной подачи, поперечной подачи и периодической передвигки инструмента.

Цепь главного движения связывает вращение двухскоростного электродвигателя М1 мощностью 10/14 кВт с вращением инструмента (И_и) че-

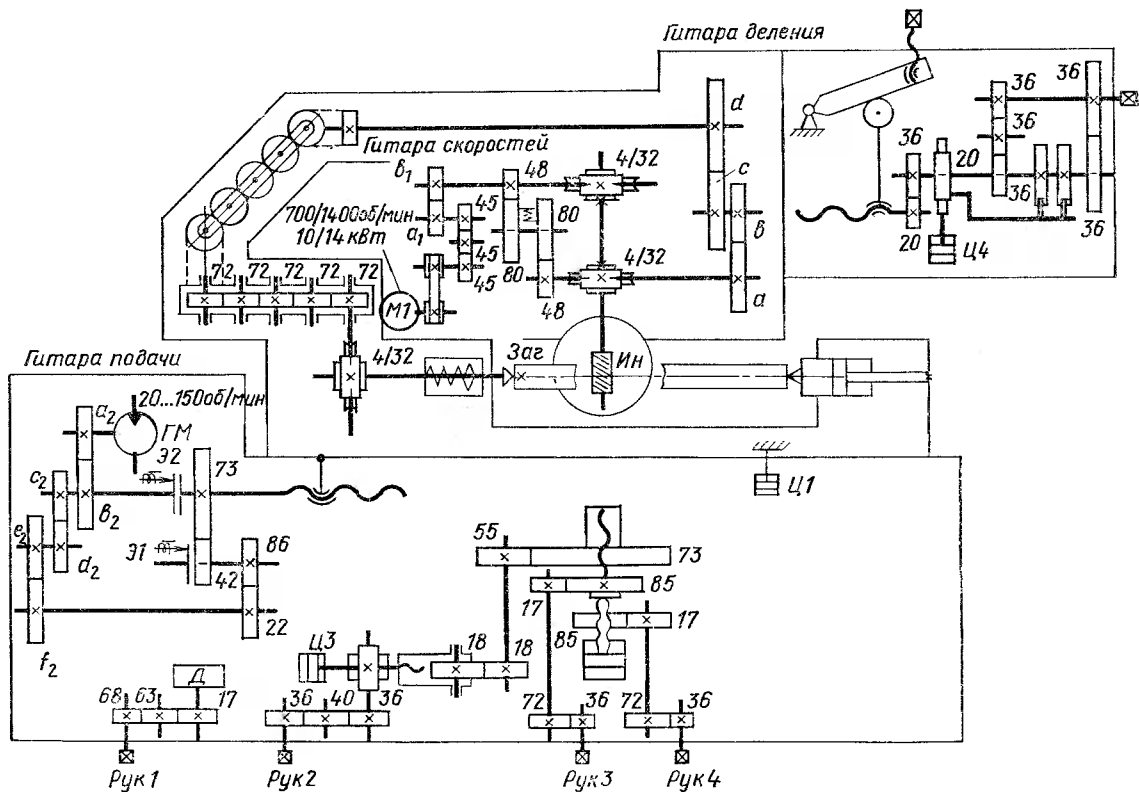


Рис. 73. Кинематическая схема шлицефрезерного полуавтомата МШ-300

рез верхнюю червячную передачу 4/32. Сменные зубчатые колеса a_1 и b_1 в сочетании с изменением частоты вращения электродвигателя обеспечивают фрезе частоту вращения 31,5...315 об/мин.

Цепь деления связывает вращение инструмента ($I_{ин}$) с вращением заготовки ($Заг$). Привод цепи деления осуществляется от электродвигателя $M1$ через подпружиненные зубчатые колеса (80 и 80), а также пилую червячную передачу. Цепь деления настраивают по формуле

$$i_{дел} = \frac{4 \cdot K}{z} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

где K — заходность червячной фрезы; z — число нарезаемых шлицев; a, b, c, d — число зубьев сменных колес. Наименьшее число нарезаемых шлицев равно 4.

Цепь продольной подачи связывает вращение гидромотора ($ГМ$) с перемещением стола от ходового винта. Настройка цепи производится сменными зубчатыми колесами $a_2, b_2, c_2, d_2, e_2, f_2$ и изменением частоты вращения гидромотора, обеспечивая подачу в пределах 1...120 мм/мин.

Цепь поперечных подач связывает перемещение салазок с инструментом с перемещением рабочих элементов гидроцилиндров $Ц2$ и $Ц3$. Рукояткой $Рук1$ устанавливают скорость врезной подачи, $Рук2$ — величину чистовой подачи, $Рук4$ — величину черновой подачи, $Рук3$ — глубину врезания. На полуавтомате обеспечивается скорость поперечной подачи в пределах 4,53...10 мм/мин.

Цепь периодической передвижки инструмента работает от гидроцилиндра $Ц4$ через храповые колеса и ходовой винт, перемещая ролик, к которому прижата линейка. В зависимости от угла наклона линейки суппорт с фрезой может переместиться на величину до 70 мм.

§ 48. Режимы обработки при шлицефрезеровании

Назначение режимов резания при нарезании шлицевых валов заключается в выборе значений подачи и скорости резания. Величины подач при нарезании прямобочных шлицев приведены в табл. 94, скорости резания — в табл. 95, а поправочные коэффициенты для измененных условий работы в табл. 96.

94. Подачи при нарезании прямобочных шлицевых валов [7]

Шлицевой вал		Характер обработки		
наружный диаметр, мм	высота шлицев, мм	черновая под шлифование		чистовая, по сплошному металлу
		фреза без усиков	фреза с усиками	
		Подача на один оборот заготовки, мм		
14 ... 28	1,5 ... 2,5	1,8	1,6	0,06
30 ... 52	2 ... 3	2,0	1,7	0,06
54 ... 70	3 ... 4	2,2	1,9	0,08
72 ... 82	5	2,2	1,9	0,08
90 ... 100	5 ... 6	2,4	2,0	1,2
105 ... 125	5 ... 6,5	2,5	2,1	1,2

95. Скорости резания при нарезании прямоблочных шлицевых валов [7]

Характер обработки	Подача s_0 , мм/об	Высота шлицев, мм						
		2	3	4	5	6	6,5	2...6,5
		Скорость резания v , м/мин						Мощность, кВт
Черновое нарезание под шлифование	1,0	48	29	20	15	12	10,5	0,4...0,9
	1,3	42	25	17,5	13,2	10,3	9,4	0,4...1,0
	1,6	38	22,5	15,7	12	9,3	8,4	0,4...1,0
	2,0	34	20,5	14,1	10,6	8,4	7,6	0,4...1,0
	2,6	30	18	12,3	9,3	7,3	6,6	0,5...1,0
	3,2	26	16	11,1	8,4	6,6	6,0	0,5...1,1
Чистовое нарезание	0,5	45	27	18,7	14	11	10	0,2...0,5
	0,6	41,5	24,5	17	12,8	10,1	9,2	0,3...0,6
	0,8	36	21,5	14,8	11,1	8,8	8,0	0,3...0,6
	1,0	32	19	13,2	10	7,8	7,1	0,3...0,6
	1,3	28	16,7	11,6	8,7	6,8	6,2	0,3...0,6
	1,6	25	15	10,4	7,8	6,2	5,6	0,3...0,6

96. Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий работы [7]

В зависимости от механической характеристики стали

Марка стали	Твердость ПВ	Коэффициенты		
		на скорость K_{Mv}	на подачу K_{Ms}	на мощность K_{KN}
35	156...187	1,1	1,0	1,0
45	170...207	1,0		
45	Св. 241	0,8		
50	170...229	0,9	0,9	0,9
30X, 40X	156...207	1,0		
12X4A, 20XHM, 18XГТ, 20X, 12XНЗ	156...229	0,9		
30XГТ	156...207	0,8	0,9	0,9
18XНВА, 38XМЮА, 5XHM, 6XHM	156...229 229...285	0,8 0,6		

В зависимости от количества шлицев валика

Количество шлицев	Коэффициент $K_{zv} = K_{zN}$	Количество шлицев	Коэффициент $K_{zv} = K_{zN}$
4	0,85	10	1,2
6	1,0	16	1,4
8	1,1	20	1,5

В зависимости от профиля зуба

Профиль	Коэффициент $K_{\phi v} = K_{\phi N}$
Без усиков	1,0
С усиками	0,85

В зависимости от количества осевых перемещений фрезы

Осевое перемещение	Коэффициент $K_{\omega v} = K_{\omega N}$	Осевое перемещение	Коэффициент $K_{\omega v} = K_{\omega N}$
0	1,0	3	1,2
1	1,1	Более 3	1,3

§ 49. Причины брака при шлицефрезеровании и способы его устранения

Нарезанный на шлицефрезерном станке шлицевой вал должен удовлетворять заданной степени точности, регламентированной ГОСТ 1139—58. Характер погрешностей, возникающих при шлицефрезеровании червячными фрезами, и способы их устранения приведены в табл. 97.

97. Погрешности при шлицефрезеровании

Характер погрешностей	Возможные причины	Способы устранения
Погрешность линейного размера внутреннего диаметра валика	Неправильная установка червячной фрезы по межосевому расстоянию	Установить червячную фрезу по расчетному межосевому расстоянию
Нецилиндричность и непрямолинейность центрирующих диаметров и боковых поверхностей шлицев	Непараллельность движения фрезерного суппорта относительно оси вращения валика Интенсивный износ режущих кромок фрезы за время нарезания одного валика	Отладить станок на геометрические нормы точности Снизить режимы обработки

Характер погрешностей	Возможные причины	Способы устранения
Погрешность взаимного расположения шлицев	Неправильное положение заготовки в установочном приспособлении	Устранить биение валика в зажимном приспособлении, устранить отжим валика хомутиком
	Неправильное зацепление сменных зубчатых колес гитары деления	Проверить зацепление сменных колес, установить зазор между зубьями 0,05...0,1 мм
	Неточная установка червячной фрезы	Проверить точность установки фрезы на радиальное и торцовое биение
	Большое биение центров для установки изделия	Довести биение центров до нормативной величины

ГЛАВА IX. НАРЕЗАНИЕ ЗУБЬЕВ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС НА ЗУБСТРОГАЛЬНЫХ, ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ И ЗУБОРЕЗНЫХ СТАНКАХ

§ 50. Технические данные станков для нарезания конических колес

Конические зубчатые колеса нарезают на станках, работающих по методу копирования или по методу обката. Станки, работающие по методу копирования, называют зубопротяжными. На них нарезают колеса с прямыми, тангенциальными, шевронными и круговыми зубьями, причем профиль зуба соответствует профилю инструмента. По методу обката работают зубострогальные и зубофрезерные станки для прямозубых конических колес, а также зуборезные станки для конических колес с круговой линией зуба. Наибольшее распространение в промышленности получили станки, работающие по методу обката. Технические данные станков для нарезания конических колес приведены в табл. 98.

98. Технические данные станков для нарезания конических колес

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм				Частота вращения, об/мин, или движения, дв. ход/мин, инструмента	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т	Примечание
	диаметр	модуль	конусное расстояние	ширина венца				
5Т23В	125	1,5	62	20	210...620	0,6	3,0	Зубострогальные для прямозубых колес
5З36П	125	2,5	63	20	160...800	1,1	3,0	
5С276П	500	10	250	80	42...400	4,0	9,0	
5С286П	800	16	400	150	28...270	7,5	15	
5Е283	1600	30	800	270	17...127	7,5	19	

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм				Частота вращения, об/мин, или движения, дв. ход/мин, инструмента	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т	Примечание
	диаметр	модуль	конусное расстояние	ширина венца				
5С237	125	2,5	63	20	65 ... 320	2,2	3,3	Зубофрезерные для прямозубых колес
5С267П	320	8	160	50	28 ... 153	4,0	8,8	
5С277П	500	12	250	80	20 ... 80	5,5	13,0	
5С23П	125	2,5	75	20	110 ... 550	2,2	3,0	Зуборезные для колес с круговыми зубьями
5С26В	320	8	190	50	30 ... 200	3,0	9,0	
5С270П	500	10	250	80	30 ... 200	4,0	8,8	
527В	500	12	265	80	20 ... 150	4,0	13,5	
5С280П	800	16	435	125	20 ... 127	7,5	14,8	
5А284	1600	30	870	235	8,3 ... 62	13	42,3	
5245	250	5	130	32	9 ... 31	4,5	7,15	Зубопро-тяжные для колес с прямыми и круговыми зубьями
5С268	320	8	160	50	10 ... 20	10	9,5	
5С263	320	8	160	50	30 ... 200	4	8,8	
5С273	500	12	250	63	20 ... 150	4	12,5	
5Б231	500	10	225	63	25 ... 225	7	7,0	
5Б232	500	10	230	63	3 ... 52	7	7,0	

§ 51. Инструмент для нарезания конических колес

Для нарезания прямозубых конических колес применяют зубострогальные резцы, которые по своему технологическому назначению делятся на черновые и чистовые. У чистовых резцов (рис. 74) форма, точность и элементы заточки регламентированы ГОСТ 5392—64. Предусмотрены четыре типа чистовых резцов, отличающиеся между собой размерами и способом крепления к державке (табл. 99).

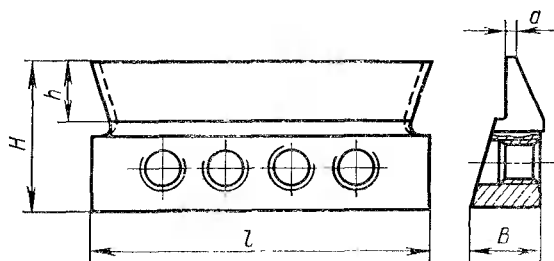


Рис. 74. Зубострогальный резец (один из парных)

99. Основные размеры чистовых зубострогальных резцов (ГОСТ 5392—64)

Тип резца	Модуль нарезаемых зубчатых колес, мм	Размеры резца, мм				
		длина l	высота H	ширина B	высота зуба h	ширина носки a
I	0,3...3,25	40	27	11,15...13,1	3,2...8,5	0,12...1,2
II	0,5... 5,5	75	33	16,65...20,6	3,2...1,4	0,20...2,0
III	1,0...10,0	100	43	14,66...22,6	3,2...25	0,40...4,0
IV	3,0...12	125	60	23,5...31,4	8,5...30	1,2...4,8
	13...20	125	75	43,2...48,7	35...50	5,2...8,0

Основные размеры черновых зубострогальных резцов не стандартизированы. Для крупносерийного производства применяют специальные черновые резцы с трапецидальным, криволинейным и комбинированным профилем, которые позволяют значительно (до 40%) повышать режимы резания.

Для нарезания конических колес с прямыми зубьями применяют также комплект зуборезных головок, состоящий из двух головок — праворежущей и леворежущей, которые различаются расположением режущих кромок резцов. На рис. 75 изображена праворежущая головка, а основные их размеры приведены в табл. 100.

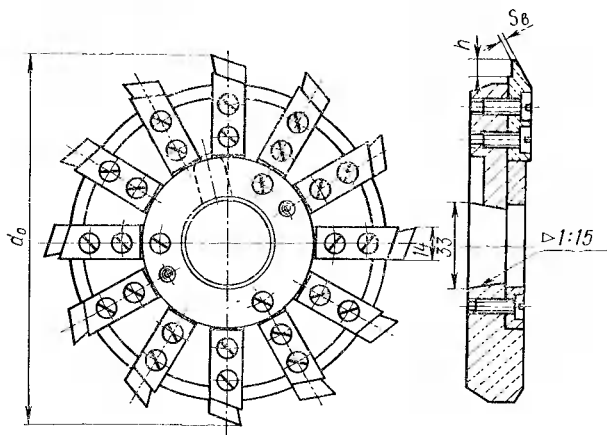


Рис. 75. Дисковая зуборезная головка (одна из парных)

100. Основные размеры зуборезных головок для конических колес с прямыми зубьями (ОСТ 2 Н45-7—76)

Модуль, мм	Размеры головок, мм		
	внешний диаметр d_{a0}	ширина носки S_6	высота режущей кромки h
0,5	150	0,2	5
0,6		0,24	
0,8		0,32	
1,0		0,4	
1,25		0,5	

Модуль, мм	Размеры головок, мм		
	внешний диаметр d_{co}	ширина носика S_b	высота режущей кромки h
1,5	150	0,6	8
2,0		0,8	12
2,5		1,0	
3,0		1,2	

Круговые протяжки для нарезания прямозубых конических колес предназначены для работы в условиях массового производства. Протяжки изготовляют чистовыми, черновыми и комбинированными. У комбинированной протяжки (рис. 76) часть резцовых блоков (или резцов) являются черновыми, а часть полу-чистовыми и чистовыми. Свободный промежуток между блоками 1 и 15 используют для выполнения делительного поворота заготовки.

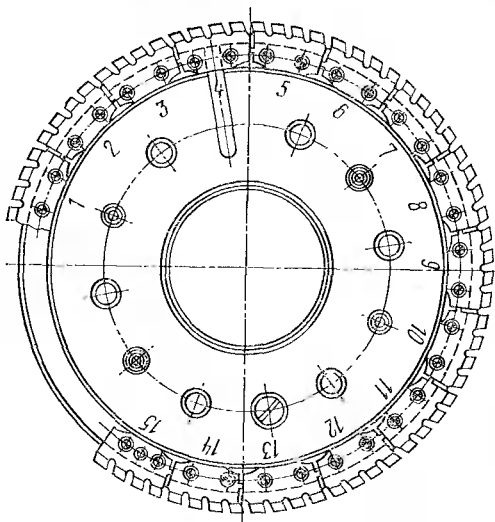


Рис. 76. Комбинированная зуборезная протяжка

нами, В — односторонние с внутренними резцами, НП — односторонние с увеличенным числом наружных резцов, ВП — односторонние с увеличенным числом внутренних резцов.

Черновые головки изготовляют двух типов: Г — двусторонние, Т — трехсторонние.

Трехсторонние головки имеют наружные, средние и внутренние резцы. Средние режут только своими вершинами дно впадины зубчатого колеса и выступают над остальными резцами на 0,25 ... 0,5 мм.

Резцы различаются по номерам, которые учитываются в углах профиля резца. Для чистовых головок установлены следующие номера резцов: 0 — 2 — 4 — 6 — 8 — 10 — 12 — 14 — 16 — 18 — 20 — 22 — 24 — 30 — 36 — 42; для черновых: 0 — 6 — 12 — 18 — 24.

Угол профиля рабочей стороны наружного резца определяется по формуле $a_e = a_d - 10 N$ (мин), внутреннего $a_i = a_d + 10 N$, где a_d — угол зацепления; N — номер резца. Основные размеры зуборезных резцовых головок приведены в табл. 101.

Круговая протяжка для нарезания конических колес с круговыми зубьями изображена на рис. 77. Она так же, как и протяжка для прямозубых колес, имеет свободный промежуток для осуществления делительного поворота заготовки.

Основным инструментом для нарезания конических колес с круговыми зубьями являются резцовые головки, которые бывают цельными (рис. 78) и сборными (рис. 79), чистовыми и черновыми.

Чистовые головки изготовляются пяти типов, обозначенных буквами: Д — двусторонние, Н — односторонние с наружными резцами, НП — односторонние с увеличенным числом внутренних резцов, ВП — односторонние с увеличенным числом наружных резцов, В — односторонние с внутренними резцами.

Чистовые головки изготовляются пяти типов, обозначенных буквами: Д — двусторонние, Н — односторонние с наружными резцами, НП — односторонние с увеличенным числом внутренних резцов, ВП — односторонние с увеличенным числом наружных резцов, В — односторонние с внутренними резцами.

Черновые головки изготовляют двух типов: Г — двусторонние, Т — трехсторонние.

Трехсторонние головки имеют наружные, средние и внутренние резцы. Средние режут только своими вершинами дно впадины зубчатого колеса и выступают над остальными резцами на 0,25 ... 0,5 мм.

Резцы различаются по номерам, которые учитываются в углах профиля резца. Для чистовых головок установлены следующие номера резцов: 0 — 2 — 4 — 6 — 8 — 10 — 12 — 14 — 16 — 18 — 20 — 22 — 24 — 30 — 36 — 42; для черновых: 0 — 6 — 12 — 18 — 24.

Угол профиля рабочей стороны наружного резца определяется по формуле $a_e = a_d - 10 N$ (мин), внутреннего $a_i = a_d + 10 N$, где a_d — угол зацепления; N — номер резца. Основные размеры зуборезных резцовых головок приведены в табл. 101.

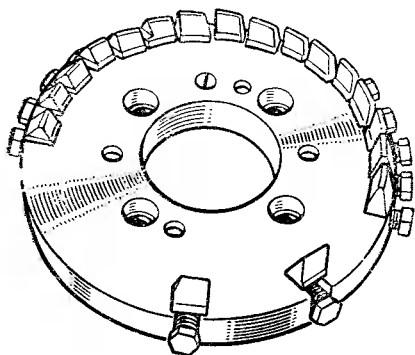


Рис. 77. Круговая зуборезная про-
тяжка

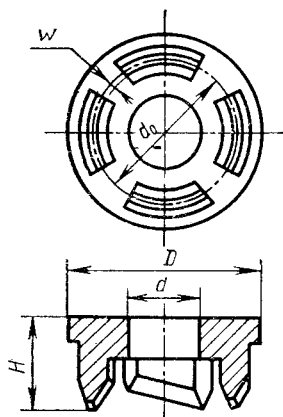


Рис. 78. Цельная резовая зуборез-
ная головка

101. Основные размеры зуборезных головок для конических колес с круговыми зубьями (ГОСТ 11902—66 . . . 11906—66)

Номиналь- ный диаметр головки d_0 , мм	Параметры конического колеса, мм			Размеры головок, мм				Пределы разводов W , мм
	наибольшая вы- сота зуба h	наибольший модуль		диа- метр D_{\max}	высота H	посадочное отверстие		
		торцо- вый m_s	нор- маль- ный m_n			форма	размер d	
20	3	—	0,8	45	28,2	Конус 1 : 12	25,4	0,2...0,7
25	3	—	1	45	28,8			0,2...0,8
32	4	—	1,25	48	29,2			0,32...1,0
40	5	—	1,5	56	29,8			0,32...1,3
50	6	—	2	68	30,5			0,32...1,6
60	7	—	2,25	68	31,6			0,32...1,8
80	8	—	2,5	89	31			0,32...2,0
100	9	4	3	138,6	43,2			0,4...2,6
125	10	4,5	3,5	163,8	43,2	Конус 1 : 24	58,23	0,4...2,8
160	12	5	4	209,6	55,2			0,6...3,6
200	15	6	5	254,0	60,8			0,6...4,0
250	18	8	6	305,2	63,2			0,6...5,2
315	24	10	8	379,5	78,2			1,0...6,5
400	30	13	10	430,0	84,2			1,0...8,0
500	36	16	12	586,0	99,0	Цилиндр	215,8	1,0...10,0
630	45	20	16	736,0	149,8	»	330	2,0...12,0
800	60	26	20	920,0	154,8			2,0...16,0
1000	70	30	25	1144,0	164,8			3,2...20,0

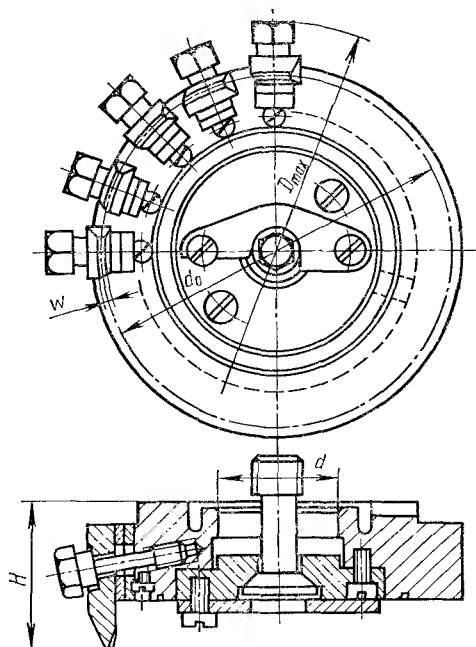


Рис. 79. Сборная резцовая зуборезная головка

Приведем примеры условного обозначения головок.

Для праворежущей головки номинальным диаметром $d_0 = 50$ мм, с номером резцов № 6, разводом резцов $W = 1,4$ мм:

Головка 50 № 6—1,4 ГОСТ 11903—66.

Для аналогичной леворежущей головки:

Головка Л50 № 6—1,4 ГОСТ 11903—66.

Для односторонней головки типа Н с наружными резцами, праворежущей, номинальным диаметром $d_0 = 250$ мм, с номером резцов № 8, шириной вершины $s_b = 1,2$ мм, образующим диаметром $d_e = 239$ мм:

Головка Н250 № 8 М239 ГОСТ 11904—66.

Контроль зуборезных головок осуществляется на специально предназначенных для этой цели станках, основные технические данные которых приведены в табл. 102. Здесь же приведены данные станка для затылования резцов в резцовых головках.

102. Станки для резцовых головок

Модель станка	Назначение	Диаметр резцовых головок, мм	Диаметр круговых протяжек	Масса станка, т
5778Е	Для контроля зуборезных головок	100 . . . 500	—	1,3
5778Б	Для контроля биения резцовых головок	100 . . . 500	630	0,9
5974	Для затылования резцов зуборезных головок	100 . . . 500	—	3,5

§ 52. Основные части и настройка зубострогального полуавтомата 5236П для конических прямозубых колес

Зубострогальный полуавтомат 5236П предназначен для нарезания прямозубых конических колес в условиях мелкосерийного и серийного производства. Нарезание производится по методу обката двумя зубострогальными резцами, рас-

положенными в разных впадинах зуба. Согласованное движение резцов и заготовки соответствует зацеплению обрабатываемого колеса с воображаемым производящим плосковершинным колесом, зуб которого воспроизводится резцами. Цикл обработки одного зуба включает в себя рабочий и холостой ходы. При рабочем ходе изделие и обкатная люлька вращаются в одну сторону, а при холостом ходе в разные, причем изделие продолжает вращаться в ту же сторону, а люлька ускоренно в обратную. При делении для обработки следующего зуба заготовка поворачивается на количество зубьев, не имеющее общего множителя с числом зубьев заготовки.

Полуавтомат 5236П (рис. 80) состоит из станины 1, на которой жестко закреплена передняя бабка 6 и по горизонтальным направляющим перемещается

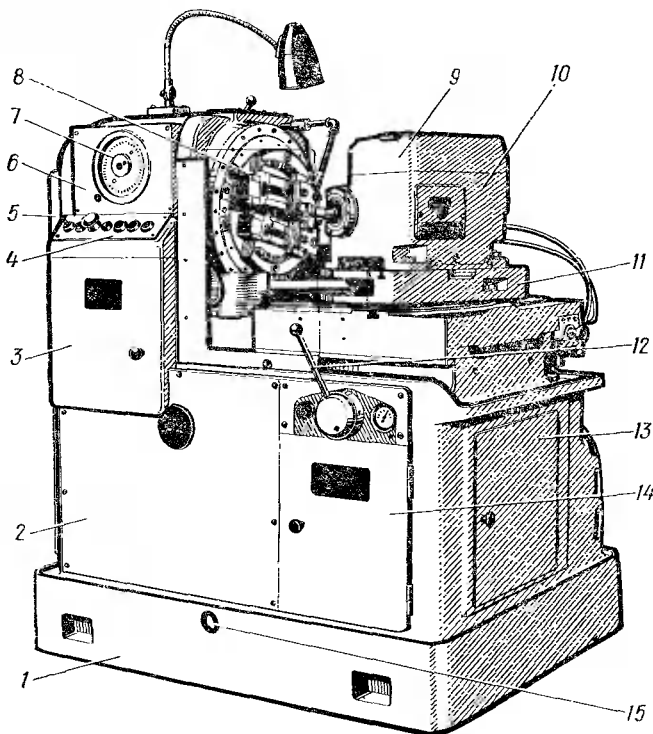


Рис. 80. Зубострогальный полуавтомат 5236П:

1 — станина, 2 — главный привод, 3 — гитара обката, 4 — пульт управления, 5 — гитара скоростей, 6 — передняя бабка, 7 — счетчик циклов, 8 — люлька, 9 — гитара деления, 10 — бабка изделия, 11 — стол, 12 — рукоятка управления, 13 — упорный барабан, 14 — гидрооборудование, 15 — маслоуказатель гидравлики

стол 11 с бабкой изделия 10. Внутри станины размещен резервуар гидросистемы. Контроль за уровнем масла производится по маслоуказателю 15. С правой стороны станины находится ниша с гидрооборудованием 14, а с левой под крышкой — шкивы главного привода 2. В нише под крышкой помещен упорный барабан 13. В передней бабке 6 находятся люлька 8, гитара скоростей 5 (под крышкой) и счетчик циклов 7. Ниже пульта за дверкой расположена гитара обката 3. Управление работой стола производится рукояткой 12.

Кинематическая схема полуавтомата (рис. 81) состоит из следующих основных кинематических цепей: главного движения, подачи, деления и обката.

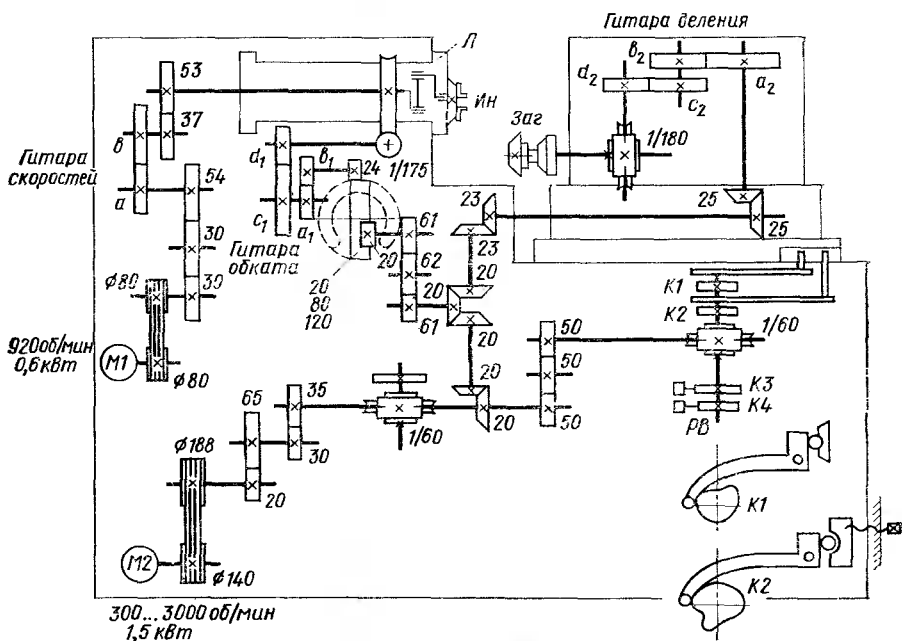


Рис. 81. Кинематическая схема зубострогального полуавтомата 5236П

Цепь главного движения связывает вращение электродвигателя *М1* мощностью 0,6 кВт с возвратно-поступательным перемещением резцов (*ИН*). Настройка цепи производится по формуле

$$n = \frac{v \cdot 1000}{2 \cdot l} = \frac{a}{b} \quad (\text{дв. ход/мин}),$$

где *v* — скорость резания, м/мин; *l* — длина хода резцов, мм; *a* и *b* — числа зубьев сменных колес гитары скоростей. В табл. 103 приведена настраиваемая частота движения резцов.

103. Частота движения резцов

Частота движения, дв. ход/мин	Числа зубьев сменных колес		Частота движения, дв. ход/мин	Числа зубьев сменных колес	
	<i>a</i>	<i>b</i>		<i>a</i>	<i>b</i>
160	31	69	400	53	47
200	36	64	500	59	41
250	41	59	630	64	36
315	47	53	800	69	31

Кинематическая цепь подачи связывает вращение электродвигателя $M2$ мощностью 1,5 кВт с перемещением стола от воздействия кулачков $K1$ и $K2$ на рычаги стола. Частота вращения электродвигателя регулируется потенциометром в пределах 300 . . . 3000 об/мин, что обеспечивает нарезание одного зуба за 8 . . . 72 с (рабочий и холостой ход).

Цепь деления связывает вращение изделия ($Заг$) с вращением распределительного вала ($PВ$), несущего кулачки $K1$ и $K2$.

Настройка цепи осуществляется по формуле

$$i_{\text{дел}} = \frac{3 \cdot z_i}{z} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2},$$

где z_i — число зубьев, пропускаемых при делении; z — число обрабатываемых зубьев; a, b, c, d — числа зубьев сменных колес гитары деления.

Кинематическая цепь обката связывает вращение заготовки ($Заг$) с вращением люльки ($Л$), несущей инструмент ($Ин$). В составе этой цепи находится составное зубчатое колесо (20—80—120), обеспечивающее вращение люльки в одну и другую стороны при неизменном направлении вращения шпинделя инструмента. Настройка цепи обката осуществляется по формуле

$$i_{\text{обк}} = \frac{3,5 \cdot z_i}{z_c} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1},$$

где z_i — число зубьев, пропускаемых при делении; z_c — число зубьев производящего колеса

$$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}.$$

Для подготовки полуавтомата к работе кроме настройки кинематических цепей еще необходимо выполнить следующее: установить бабку изделия по оси и по углу, установить стол относительно резцов, настроить двухпроходный механизм, настроить калибр для разделения припуска, установить резцы на угол конусности зуба. Эти операции следует выполнять в соответствии с руководством по эксплуатации полуавтомата и инструкцией по расчету наладочных установок.

§ 53. Основные части и настройка зубофрезерного полуавтомата 5С267П для конических прямозубых колес

Полуавтомат 5С267П предназначен для нарезания двумя дисковыми фрезами прямозубых конических колес и торцовых муфт. Работа осуществляется по методу обката, врезания или комбинированным методом — врезания и обката. Движение обката производит люлька, а врезание — стол с изделием. Деление периодическое после обработки одного зуба.

Полуавтомат 5С267П (рис. 82) состоит из станины 1, на которой жестко закреплена инструментальная бабка 7 и установлен продольно перемещающийся стол 18. На столе по круговым направляющим 16 поворачивается бабка изделия 12, соединенная траверсой 11 с инструментальной бабкой. Внутри траверсы проходит приводной вал, а с левого торца помещен механизм деления 9. В инструментальной бабке расположены люлька 8 с двумя фрезерными суппортами 10, главный привод под крышкой 3, коробка подач под дверкой 4, основной пульт управления 6 и маховик 5 ручного поворота фрез.

Бабка изделия 12 служит для размещения обрабатываемой заготовки 13 и механизмов ее привода. Гитара деления 15 находится под крышкой. Оправка с заготовкой зажимается гидравлическим цилиндром 14, расположенным под кожухом. Управление зажимом заготовки, а также движением стола осуществляется рукояткой 2.

Кинематическая схема полуавтомата (рис. 83) состоит из следующих основных цепей: главного движения, обката, подачи, деления и управления.

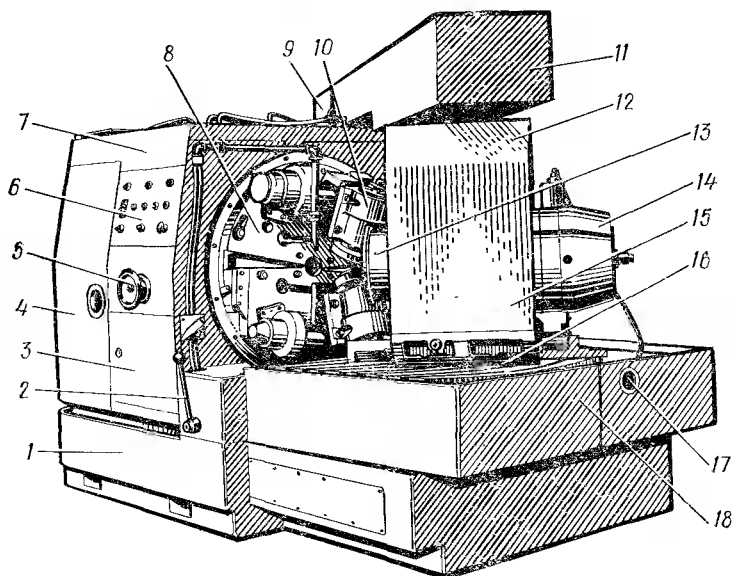


Рис. 82. Зубофрезерный полуавтомат 5C267П:

1 — станна, 2 — рукоятка управления столом и зажимом заготовки, 3 — главный привод, 4 — коробка подач, 5 — маховик ручного поворота фрез, 6 — основной пульт управления, 7 — инструментальная бабка, 8 — люлька, 9 — механизм деления, 10 — фрезерный суппорт, 11 — траверса, 12 — бабка изделия, 13 — изделие, 14 — гидрозажим, 15 — гитара деления, 16 — круговые направляющие, 17 — винт установки стола, 18 — стол

Цепь главного движения связывает вращение электродвигателя *М1* мощностью 4 кВт с вращением дисковых фрез (*Ин*). Настройка цепи производится по формуле

$$n_{ин} = 70 \cdot \frac{a_3}{b_3},$$

где $n_{ин}$ — частота вращения инструмента, об/мин; a_3 , b_3 — числа зубьев сменных зубчатых колес гитары скоростей. Настраиваемые на полуавтомате частоты вращения фрез приведены в табл. 104.

104. Частота вращения фрез

Частота вращения фрез, об/мин	Числа зубьев сменных колес		Частота вращения фрез, об/мин	Числа зубьев сменных колес	
	a_3	b_3		a_3	b_3
23	25	77	62	48	54
26	28	74	79	54	48
32	32	70	100	60	42
40	37	65	123	65	37
49	42	60	153	70	32

Цепь обката связывает вращение люльки (\mathcal{L}) с вращением заготовки (Заг) через гитару обката, механизм деления и верхний привод. Настройка цепи осуществляется по формуле

$$i_{\text{обк}} = \frac{30}{z_c} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

где z_c — число зубьев производящего колеса; a, b, c, d — числа зубьев сменных колес гитары обката.

Цепь подачи связывает вращение электродвигателя $M2$ мощностью 2,2 кВт с вращением люльки (\mathcal{L}). Частота вращения электродвигателя $M2$ регулируется бесступенчато в диапазоне 150 . . . 1500 об/мин. Настройка цепи производится по формуле

$$i_{\text{нод}} = \frac{\omega_d \cdot z_c}{1000} = \frac{a_2}{b_2},$$

где ω_d — угловая скорость качания люльки, град/с (подача); z_c — число зубьев производящего колеса; a_2, b_2 — число зубьев сменных колес гитары подачи.

Цепь деления входит составной частью в кинематическую цепь обката и настраивается по формуле

$$i_{\text{дел}} = \frac{15}{z} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1},$$

где z — число зубьев нарезаемого колеса.

В руководстве по эксплуатации полуавтомата приведена таблица настройки гитары деления на числа зубьев 10 . . . 150. Процесс деления осуществляется планетарным механизмом, расположенным на валу траверсы. На кинематической схеме кулачковая муфта механизма изображена включенной на деление. При перемещении рейки от гидроцилиндра зубчатые колеса планетарного механизма сообщают верхнему валу дополнительный поворот, который передается дальше через гитару деления на заготовку, поворачивая ее на один зуб.

Цепь управления связывает вращение люльки (\mathcal{L}) с вращением циклового барабана (\mathcal{Bap}) и управляющих кулачков ($\mathcal{Кул1}$ и $\mathcal{Кул2}$). Кулачок $\mathcal{Кул1}$ управляет скоростью обката, воздействуя на элемент настройки частоты вращения электродвигателя $M2$. Кулачок $\mathcal{Кул2}$ управляет движением стола, воздействуя на следящий золотник гидроцилиндра ($\mathcal{Ц}$) стола. Настройка цепи управления производится по формуле

$$i_{\text{уп}} = \frac{3600}{\theta_d \cdot z_c} = \frac{a_4}{b_4},$$

где θ_d — угол качания люльки $\left(\theta_d = \frac{1040}{z_c} \cdot \sin \varphi \right)$; z_c — число зубьев производящего колеса; φ — угол начального конуса нарезаемого колеса. Угол качания люльки (θ_d) уточняется наладчиком в процессе пробного нарезания зубчатого колеса.

Для подготовки полуавтомата к работе кроме настройки кинематических цепей необходимо установить: суппортные салазки в нулевое положение, углы развода фрез согласно модулю нарезаемого колеса, взаимное положение фрез, положение фрезерных головок и изделия, диск управления в нулевое положение, люльку на расчетный угол, упоры на диске управления в соответствии с параметрами нарезания, копиры подачи на обкат, копиры управления скоростью обката, величину хода стола, исходную угловую скорость обката, направление вращения фрез, бабку изделия на соответствующий угол и в осевом направлении, давление в гидроцилиндре зажима изделия, разделить припуск на первом изделии.

Все устанавливаемые величины определяются исходя из данных «Инструкции по расчету наладочных установок» и заносятся в карту наладки полуавтомата.

§ 54. Основные части и настройка зуборезного полуавтомата 527В для конических колес с круговыми зубьями

Полуавтомат 527В предназначен для нарезания зубьев конических и гипоидных колес с круговыми зубьями в условиях мелкосерийного, крупносерийного и массового производства. Работа осуществляется по методу обката, врезания и по комбинированному методу. Делительный поворот изделия производится периодически на один шаг после окончания профилирования впадины одного зуба колеса.

Полуавтомат 527В (рис. 84) состоит из станины 1, на правой стороне которой находится стол 17 с бабкой изделия 12. Установка стола в продольном направлении производится за квадрат вала 16. Слева на станине установлена стойка 6, несущая на себе люльку 8 с резцовой головкой 9. Стойка 6 и бабка изде-

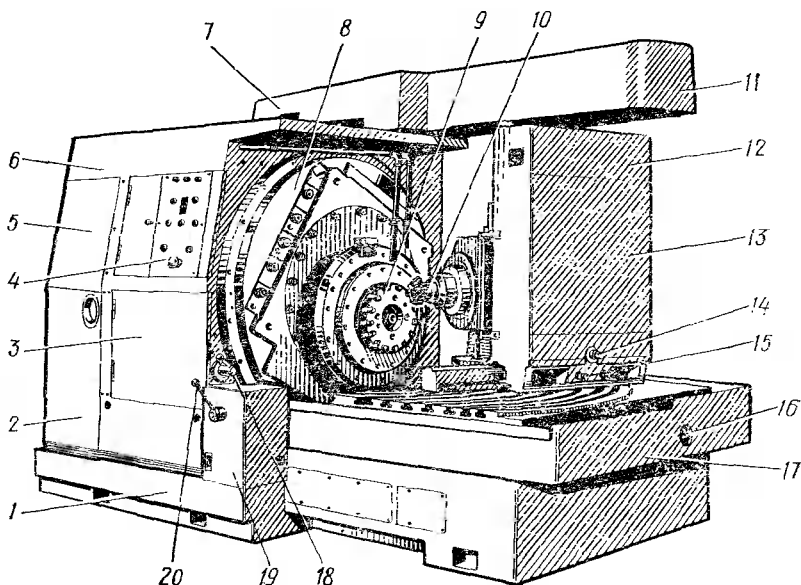
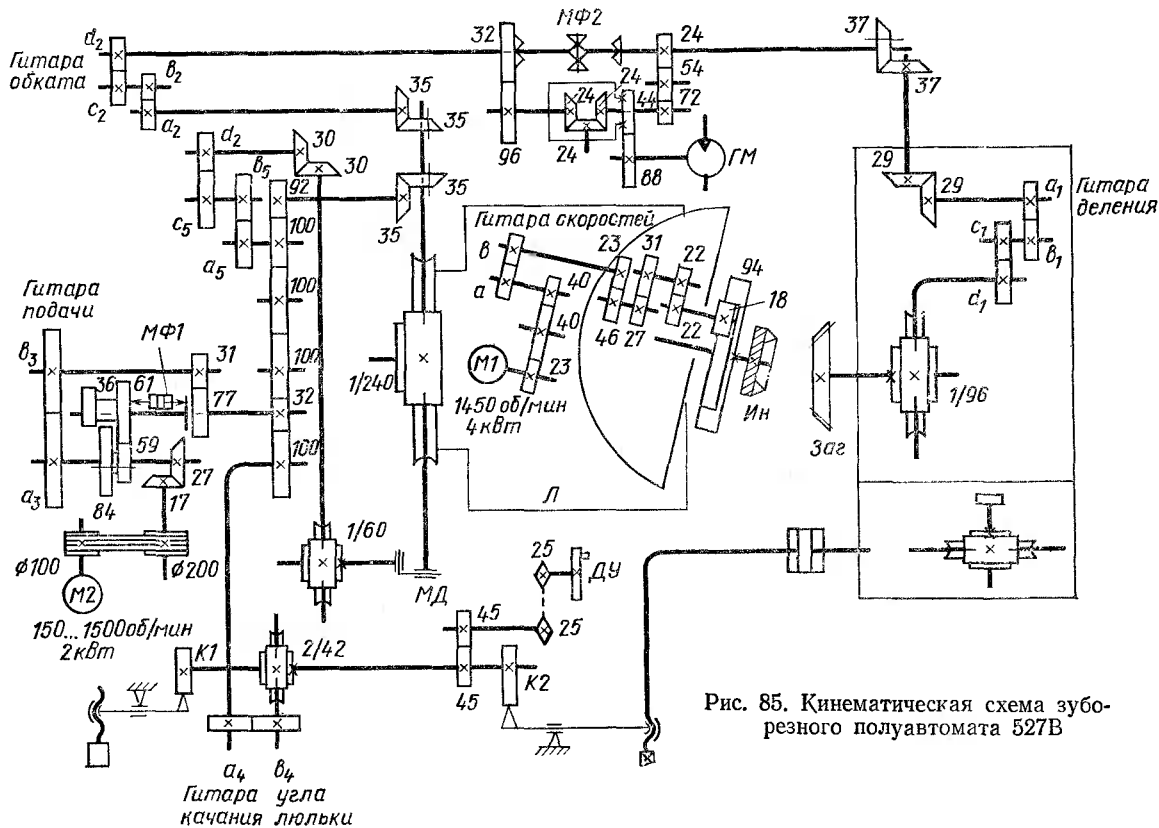


Рис. 84. Зуборезный полуавтомат 527В:

1 — станина, 2 — крышка приводной коробки, 3 — крышка коробки гидрооборудования и диска управления, 4 — пульт управления, 5 — крышка гитары модификатора, 6 — стойка, 7 — гитара обката, 8 — люлька, 9 — резцовая головка, 10 — изделие, 11 — траверса, 12 — бабка изделия, 13 — крышка гитары деления, 14 — вал осевой установки бабки, 15 — валик фиксации бабки изделия, 16 — квадрат вала установки стола, 17 — стол, 18 — рукоятка крана охлаждения, 19 — гидروпанель, 20 — рукоятка управления столом и гидрозажимом

лия 12 соединены сверху траверсой 11, в которой находятся делительный механизм и гитара обката 7. Основные механизмы привода и управления находятся в стойке: под крышкой приводной коробки 2 — привод подачи, гитара подачи, гитара управления; под крышкой 3 — гидрооборудование, под крышкой 5 — гитара модификатора.

Главный пульт управления 4 расположен на передней стенке стойки, а дублирующий пульт на задней ее стенке. Главный привод находится в люльке 8. Рукояткой крана 18 подают охлаждение в зону резания, а рукояткой 20 управляют движением стола и гидрозажимом изделия через гидروпанель 19.



В бабке изделия 12 размещен шпиндель для установки и крепления изделия 10, а также под крышкой 13 — гитара деления. Бабка изделия вдоль оси изделия перемещается вращением вала осевой установки 14, а фиксация бабки — валиком 15.

Кинематическая схема полуавтомата (рис. 85) состоит из следующих основных цепей: главного движения, деления, обката, подачи, управления и модификатора.

Цепь главного движения связывает вращение электродвигателя М1 мощностью 4 кВт с вращением резцовой головки (Ип). Настройка цепи производится по формуле

$$n_{\text{ин}} = 70 \cdot \frac{a}{b},$$

где $n_{\text{ин}}$ — частота вращения резцовой головки, об/мин; a и b — числа зубьев сменных колес гитары скоростей. В табл. 105 приведена настраиваемая частота вращения резцовой головки.

105. Частота вращения резцовой головки

Частота вращения, об/мин	Числа зубьев сменных колес		Скорость резания, м/мин, для резцовых головок диаметром, мм		
	a	b	160	250	400
20	18	62	10	16	25
25	21	59	12	20	31
32	55	32	16	25	40
40	51	40	20	32	50
50	47	50	25	49	62
64	42	64	32	51	79
78	38	78	39	61	98
100	33	100	50	79	—
124	29	124	62	97	—
155	25	155	77	—	—

Цепь деления связывает вращение гидромотора ГМ с вращением заготовки (Заг). Деление осуществляется во время холостого хода при возвращении люльки (Л) в исходное положение. При вращении гидромотора работает дифференциал, передающий дополнительное вращение участку цепи деления от муфты МФ2 до заготовки. Настройка цепи деления производится по формуле

$$i_{\text{дел}} = \frac{24}{z} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1},$$

где z — число зубьев нарезаемого колеса.

Цепь обката связывает вращение люльки (Л) с резцовой головкой и вращение заготовки. Настройка цепи производится по формуле

$$i_{\text{обк}} = \frac{z}{60 \cdot \sin \delta_{\omega}} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2},$$

где z — число зубьев нарезаемого колеса; δ_{ω} — угол начального конуса этого же колеса.

Цепь подачи связывает вращение электродвигателя М2 мощностью 2 кВт с поворотом люльки (Л) за единицу времени, т. е. с угловой скоростью качания люльки.

Настройка цепи производится по формуле

$$i_{\text{под}} = \frac{\omega_{\text{л}}}{1,65} = \frac{a_3}{b_3},$$

где $\omega_{\text{л}}$ — угловая скорость качания люльки, град/с, которую выбирают по номограмме, приведенной на рис. 86, в зависимости от угла качания люльки $\theta_{\text{л}}$ (табл. 106) и времени цикла, определяемого по нормативам режимов резания.

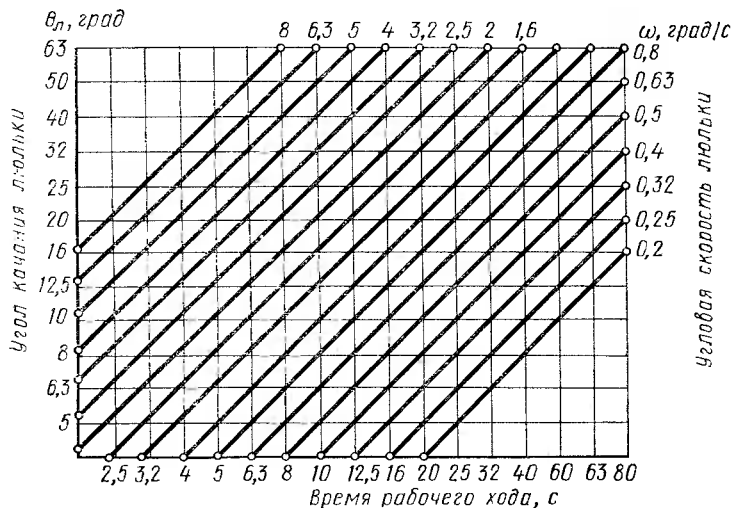


Рис. 86. Номограмма угловой скорости люльки

106. Рекомендуемые значения угла качания люльки

Угол качания люльки, град	Параметры нарезаемого колеса
5 . . . 20	Шестерни передачи при $u^* < 4$
22 . . . 30	Шестерни, сопряженные с плоским колесом, при $u = 4$
32 . . . 40	Плоские колеса передачи при $u = 4$
40 . . . 45	Угол делительного конуса 45° , число зубьев 20, угол спирали зуба 30°
45 . . . 63	Угол делительного конуса 45°

* u — передаточное число.

Цепь управления связывает вращение люльки (L) с вращением диска управления ДУ. Цепь настраивают на минимально возможную величину угла качания люльки, определяемую практически при настройке полуавтомата. Излишне большой угол качания люльки ухудшает шероховатость поверхности зубьев и увеличивает нагрузку на резец. Недостаточный угол качания приведет к недопрофилированию нарезаемого зуба.

Настройка цепи управления производится по формуле

$$i_{\text{уп}} = \frac{\alpha_{\text{д.у}}}{10,5 \cdot \theta_{\text{л}}} = \frac{a_4}{b_4},$$

где $\alpha_{\text{д.у}}$ — угол качания диска управления; $\theta_{\text{л}}$ — угол качания люльки, град.

Цепь модификации связывает дополнительное вращение люльки (L) и осевое перемещение червяка передачи 1/240 от модификатора МД. Настройка цепи производится по формуле

$$i_{\text{мд}} = \frac{\alpha_{\text{мд}}}{3,68 \cdot \theta_{\text{л}}} = \frac{a_5}{b_5} \cdot \frac{c_5}{d_5}.$$

Второе выражение формулы настройки гитары модификатора

$$i_{\text{мд}} = \sqrt{\frac{K_{\text{м}}}{0,010663 \cdot E_{\text{м}}}} = \frac{a_5}{b_5} \cdot \frac{c_5}{d_5},$$

где $K_{\text{м}}$ — коэффициент модификации; $E_{\text{м}}$ — эксцентриситет модификатора ($E_{\text{м}} = 0 \dots 32,5$ мм).

§ 55. Режимы обработки при нарезании конических колес

При нарезании конических колес с прямыми и круговыми зубьями режимы обработки назначаются с учетом модуля колеса, метода нарезания, обрабатываемого материала и модели станка. Колесо может быть обработано сразу за один или за несколько рабочих ходов. Под чистовое нарезание следует оставлять припуск, указанный в табл. 107.

В табл. 108 и 109 приведены режимы резания при зубострогании прямозубых конических колес, а в табл. 110 — колес с круговыми зубьями. Поправочные коэффициенты на измененные условия обработки для колес обоих типов приведены в табл. 111.

107. Припуск под чистовое нарезание конических зубчатых колес [10]

Модуль нарезаемого колеса, мм	Припуск на толщину зуба, мм		Модуль нарезаемого колеса, мм	Припуск на толщину зуба, мм	
	колеса с прямыми зубьями	колеса с круговыми зубьями		колеса с прямыми зубьями	колеса с круговыми зубьями
Св. 2	0,5	0,5	Св. 12	1,3	1,4
до 3			до 16		
Св. 3	0,9	0,7	Св. 16	1,5	—
до 5			до 25		
Св. 5	1,0	0,8	Св. 25	1,8	—
до 7			до 30		
Св. 7	1,1	1,0	Св. 30	2,0	—
до 10					
Св. 10	1,2	1,2			
до 12					

**108. Режимы резания при зубостроении конических прямозубых колес
на станках с диаметром обработки до 125 мм [7]**

Характер обработки	Отношение числа зубьев колеса к числу зубьев шестерни u	Частота движения резцов, д/в.ход/мин	Длина зуба, мм	Нарезаемый модуль, мм		
				1,5	2,0	2,5
				Основное время обработки одного зуба, с		
Черновое нарезание шестерни и колеса	До 2	767	5 10 13	2,9 6 8	3,7 8 9,5	4,5 9,5 11
		639	16 19	11 14	14 14	14 17
		508	22	14	17	21
Черновое нарезание колеса	Св. 2	767	5 10 13	3,7 8 9,5	4,5 9,5 11	5,5 11 14
		639	16 19	14 17	17 17	17 21
		508	22	17	21	25
Чистовое нарезание шестерни и колеса	До 2	767	5 10 13 16 19	3,7 3,7 3,7 5,5 5,5	4,5 4,5 4,5 5,5 5,5	4,5 4,5 4,5 6 6
		639	22	6	6	8
Чистовое нарезание колеса	Св. 2	767	5 10 13 16 19	4,5 4,5 4,5 6 6	5,5 5,5 5,5 6 6	5,5 5,5 5,5 8 8
		639	22	8	8	9,5

109. Режимы резания при зубострогании конических прямозубых колес на станках с диаметром обработки 500 . . . 800 мм [7]

Характер обработки	Частота вращения резцов, д.в./мин	Длина зуба, мм	Нарезаемый модуль, мм										
			1,5	2	2,5	2,75	3	3,5	4	5	6	7	8
			Основное время на обработку одного зуба, с										
Черновое нарезание шестерни при любом u^* и колеса при $u \leq 2$	442	12	7,6	9,3	11,2	13,3	—	—					
	391	20	7,6	11,2	13,3	13,3	16,0	19,7					
	309	25	9,3	13,3	16,0	16,0	19,7	23,7					
	276	30	11,2	16,0	16,0	19,7	23,7	27,4	—	—	—	—	—
	247	40	—	16,0	19,7	23,7	23,7	27,4					
	198	50	—	—	—	—	27,4	27,4					
	158	60	—	—	—	—	27,4	32,9					
	125	80	—	—	—	—	—	39,2					
Черновое нарезание колеса при $u > 2$	442	12	9,3	11,2	13,3	16,0	—	—					
	391	20	9,3	13,3	16,0	16,0	19,7	23,7					
	309	25	11,2	16,0	19,7	19,7	23,7	27,4					
	276	30	13,3	19,7	19,7	23,7	27,4	32,9					
	247	40	—	19,7	23,7	27,4	27,4	32,9	—	—	—	—	—
	198	50	—	—	—	—	32,9	32,9					
	158	60	—	—	—	—	32,9	32,9					
	125	80	—	—	—	—	—	45,0					
Чистовое нарезание шестерни при любом u и колеса при $u \leq 2$	442	12	7,6	7,6	9,3	11,2	13,3	13,3	—	—	—	—	—
	442	20	7,6	9,3	11,2	11,2	13,3	13,3	16,0	—	—	—	—
	347	25	9,3	11,2	11,2	13,3	13,3	16,0	19,7	19,7	23,7	—	—
	309	30	9,3	11,2	13,3	13,3	16,0	19,7	19,7	23,7	27,4	27,4	32,9
	276	40	—	13,3	16,0	16,0	19,7	19,7	23,7	27,4	32,9	32,9	32,9
	221	50	—	—	—	—	23,7	23,7	27,4	27,4	32,9	32,9	32,9
	177	60	—	—	—	—	23,7	27,3	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9
	141	80	—	—	—	—	—	32,9	39,2	39,2	45,0	45,0	45,0
Чистовое нарезание колеса при $u > 2$	442	12	9,3	9,3	11,2	13,3	16,0	16,0	—	—	—	—	—
	442	20	9,3	11,2	13,3	13,3	16,0	16,0	19,7	—	—	—	—
	347	25	11,2	13,3	13,3	16,0	16,0	19,7	23,7	23,7	27,4	—	—
	309	30	11,2	13,3	16,0	16,0	19,7	23,7	23,7	27,4	32,9	32,9	32,9
	276	40	—	16,0	19,7	19,7	23,7	23,7	27,4	32,9	32,9	32,9	32,9
	221	50	—	—	—	—	27,4	27,4	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9
	177	60	—	—	—	—	27,4	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9
	141	80	—	—	—	—	—	39,2	45,0	45,0	53,6	53,6	53,6

* u — передаточное число.

110. Режимы резания при нарезании конических колес с круговыми зубьями [7]

Характер обработки	Скорость резания, м/мин	Наибольший диаметр обработки станка	Нарезаемый модуль, мм							
			2	3	4	5	6	7	8	10
			Основное время на обработку одного зуба, с							
Черновое нарезание колеса без обката	30...40	500 800	—	16 15	16 15	20 15	20 19	25 24	32 24	32 30
Черновое нарезание колеса с обкатом при $u \leq 2$	35...45	500 800	—	20 19	25 24	25 24	32 20	32 30	50 48	63 60
То же, при $u > 2$		500 800	—	20 19	25 24	32 30	40 30	50 38	63 60	63 60
Черновое нарезание шестерни с обкатом		500 800	—	25 24	32 30	40 38	50 38	63 60	100 96	126 120
Чистовое нарезание колеса с обкатом	50...55	500 800	20 19	20 19	20 19	25 24	32 30	32 30	40 38	40 38
Чистовое нарезание шестерни с обкатом при $u \leq 2$		500 800	20 19	20 19	25 24	32 24	32 30	32 30	40 38	40 38
То же, при $u > 2$		500 800	20 19	20 19	25 24	32 30	40 38	40 38	50 48	50 48

111. Поправочные коэффициенты на режимы резания при обработке конических колес для измененных условий работы [7]

Характеристика стали		Твердость НВ	Коэффициенты	
			на скорость K_{Mv}	на время K_{MT_0}
Конструкционные углеродистые стали	35	156...187	1,1	0,9
	45	170...207 До 241	1,0 0,8	1,0 1,4
	50	170...229	0,9	1,2

Характеристика стали	Твердость НВ	Коэффициенты	
		на скорость K_{Mv}	на время K_{MTo}
Конструкционные легированные стали	35X, 40X	156...207	1,0
	12XН4А, 20XНМ, 18XГТ, 12XН3А, 20X	156...207	0,9
	30XГТ		0,8
	18XГТ, 38XMIOA	156...229	0,8
	5XНМ, 6XНМ	229...285	0,6

Указанные в таблицах режимы обеспечивают обработку колес с шероховатостью поверхности по 5-му классу (ГОСТ 2789—73). При нарезании колес с шероховатостью поверхности зубьев по 6-му классу основное время на обработку одного зуба следует увеличивать на 20%. Числа, приведенные под жирной чертой или обведенные жирной рамкой, предусматривают время на обработку за два рабочих хода.

Размеры резцовой головки рекомендуется выбирать по табл. 112 в зависимости от ширины венца обрабатываемого колеса.

112. Выбор резцовой головки для нарезания конических зубчатых колес с углом наклона зубьев до 20°

Номинальный диаметр головки, мм	Ширина зубчатого венца, мм	Номинальный диаметр головки, мм	Ширина зубчатого венца, мм
100	10 . . . 12	315	30 . . . 45
125	12 . . . 18	400	40 . . . 60
160	16 . . . 24	500	50 . . . 65
200	20 . . . 30	630	60 . . . 90
250	25 . . . 35	800	80 . . . 120
		1000	100 . . . 150

Пример определения режимов резания при зубострогании конических колес

Нарезается прямозубое коническое колесо со следующими параметрами: модуль $m = 2$ мм, число зубьев $z = 30$, длина зуба $b = 20$ мм, отклонение числа зубьев колеса к числу зубьев шестерни 3 : 1, материал — сталь 40X.

Станок — зубострогальный полуавтомат 5236П, наибольший диаметр обработки 125 мм, наибольший обрабатываемый модуль 2,5 мм, мощность главного привода 1,1 кВт.

Инструмент — зубострогальный резец из быстрорежущей стали.

Операция — чистовое нарезание по предварительно прорезанному зубу.

Режимы. По табл. 108 для длины зуба $b = 22$ мм находим частоту движения резцов $n = 639$ дв. ход/мин. По паспорту станка (табл. 103) ближайшее

значение $n = 630$ дв. ход/мин, что соответствует найденному режиму. Время обработки одного зуба $T_k = 8$ с. Тогда основное технологическое время на обработку всего колеса с числом зубьев $z = 30$ равно $T_o = T_k \cdot 30 = 8 \cdot 30 = 240$ с = 4 мин.

§ 56. Причины брака при обработке конических зубчатых колес и способы его устранения

Нарезанное коническое зубчатое колесо должно удовлетворять заданной степени точности по параметрам согласно стандарту СТ СЭВ 186—75.

Отклонения от величин допусков могут быть выявлены визуально, измерением на приборах или при проверке на контрольно-обкатном станке. Типовые погрешности нарезания конических колес и способы их устранения приведены в табл. 113.

113. Погрешности, возникающие при нарезании конических колес

Характер погрешностей	Возможные причины	Способ устранения
Повышенная шероховатость поверхности на профилях зубьев	<p>Неточно выверены резцы в резцовой головке относительно базовых резцов</p> <p>Режущие кромки резцов расположены под разными углами относительно оси вращения</p> <p>Резцовая головка плохо закреплена или установлена на шпинделе</p> <p>Резцы резцовой головки имеют повышенный износ</p>	<p>Установить резцы резцовой головки более точно</p> <p>Проверить установку резцовой головки на шпинделе</p> <p>Заточить резцы резцовой головки</p>
На профиле зубьев имеются беспорядочные срезы	<p>Задир и забоины на сменных зубчатых колесах гитар обката и деления</p> <p>Недостаточный боковой зазор в зубьях сменных колес гитар обката и деления</p> <p>Большие зазоры в подшипниках валов сменных зубчатых колес гитар</p>	<p>Заменить сменные зубчатые колеса на более качественные</p> <p>Установить сменные колеса с зазором в зубьях 0,05 . . . 0,1 мм</p> <p>Подтянуть подшипники до устранения зазора</p>
Повышенное биение зубчатого венца и большие ошибки шага	<p>Повышенное биение оправки, на которой установлено зубчатое колесо</p> <p>Несоответствие посадочных размеров оправки и колеса, при которых колесо сидит на оправке с большим зазором</p> <p>Большой вылет оправки и недостаточная ее жесткость</p>	<p>Сменить оправку на имеющую меньшее радиальное биение</p> <p>Проверить износ оправки и размер отверстия колеса; сменить оправку</p> <p>Увеличить жесткость оправки, уменьшить ее вылет от шпинделя</p>

Характер погрешностей	Возможные причины	Способ устранения
	<p>Вершины чистовых резцов касаются дна впадины зубьев</p> <p>Работа на станке осуществляется с незажатым столом</p>	<p>Установить чистовые резцы на меньшую высоту</p> <p>Прижать стол к станине или неподвижному упору</p>
Неправильные форма и расположение пятна контакта на зубьях колеса	<p>Неправильный угол профиля резцов</p> <p>Неправильный размер резцовой головки (слишком большой или слишком малый)</p> <p>Неправильная наладка станка по углу эксцентрика, радиальной установке, гитаре обката, положении заготовки вдоль оси</p> <p>Ослабление тормозного действия в червячном колесе люльки</p>	<p>Изменить угол профиля резцов</p> <p>Установить резцовую головку в соответствии с расчетным размером</p> <p>Проверить наладку станка по элементам, создающим погрешность пятна контакта</p> <p>Устранить зазоры в червячной передаче люльки</p>
Большое подрезание ножки зуба	<p>Заготовка по оси слишком удалена от центра станка</p> <p>Уменьшено передаточное отношение сменных колес в гитаре обката</p>	<p>Приблизить заготовку к центру станка</p> <p>Увеличить передаточное отношение колес в гитаре обката</p>
Большое срезание головки зуба	<p>Заготовка по оси слишком приближена к центру станка</p> <p>Увеличено передаточное отношение сменных колес в гитаре обката</p>	<p>Удалить заготовку от центра станка</p> <p>Уменьшить передаточное отношение колес в гитаре обката</p>
Большая степень сужения зуба (вершина на носке значительно уже, чем на пятке)	<p>Велик номинальный диаметр резцовой головки</p>	<p>Уменьшить диаметр резцовой головки</p>
Большая степень сужения зуба (вершина на пятке уже, чем на носке)	<p>Малый номинальный диаметр резцовой головки</p>	<p>Увеличить диаметр резцовой головки</p>

§ 57. Технические данные зубошлифовальных станков для конических колес

Станки для шлифования зубьев конических колес делятся на две основные группы: станки для колес с прямой линией зубьев и станки для колес с круговой линией зубьев. В пределах каждой группы станки различаются по параметрам обработки и форме шлифовального круга. Технические данные зубошлифовальных станков отечественного производства приведены в табл. 114.

114. Технические данные зубошлифовальных станков для конических колес

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм				Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	Частота вращения шлифовального круга, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
	диаметр	модуль	конусное расстояние	ширина венца				
Для колес с прямой линией зуба								
587В	125	3	63	20	200	1000...6000	1,0	3,5
5870В	320	8	125	35	275	1130...6100	2,8	8,5
Для колес с круговой линией зуба								
5А870В	320	6	125	35	215	1980...4490	2,8	8,5
5А872	800	16	420	125	455	955...4150	5,5	12,5

§ 58. Инструмент для шлифования конических зубчатых колес

Для шлифования конических зубчатых колес используют шлифовальные круги, отличающиеся по форме, абразивному материалу, зернистости, связке и классу точности. Характеристики кругов приведены в табл. 115.

115. Характеристики шлифовальных кругов для зубошлифования конических колес

Форма круга	Тип круга по ГОСТ 2424-75	Материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Конический односторонний	2Т	24А	16...25	МЗ...СМ2	7 . . . 8	К

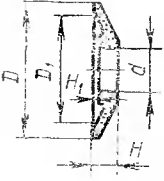
Форма круга	Тип круга по ГОСТ 2424—75	Материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Конический двусторонний	2П	24А 63С	6...16	МЗ...Т2	7...8	К Б
Чашечно-цилиндрический	ЧЦ	24А	16...40	МЗ...С1	7...8	Б
Чашечно-конический	ЧК	24А	16...40	МЗ...С1	7...8	Б

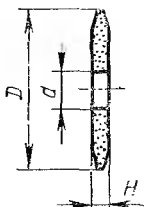
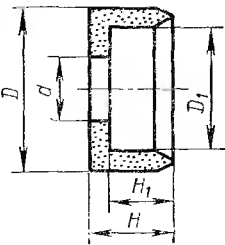
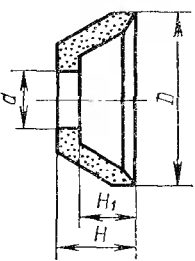
Зернистость шлифовального круга выбирают, исходя из требований, предъявляемых к качеству поверхности шлифуемого зуба. При повышенных требованиях к шероховатости поверхности (зубчатые колеса кинематических передач) применяют круги 16-го номера зернистости. При повышенных требованиях к качеству поверхностного слоя (колеса силовых передач) применяют круги зернистости 40-го номера. В остальных случаях рекомендуется использовать круги 25-го номера зернистости.

Твердость шлифовального круга влияет как на его работоспособность и стойкость, так и на качество обрабатываемой поверхности зубьев. При шлифовании зубчатых колес из стали марки 40Х среднего модуля (2...6 мм) рекомендуется применять шлифовальные круги твердостью СМ1 или СМ2, для обработки колес малого модуля — круги твердостью С1. Зубчатые колеса из цементируемых сталей следует шлифовать кругами твердостью МЗ или СМ1.

В табл. 116 приведены основные размеры шлифовальных кругов для шлифования зубьев конических колес.

116. Основные размеры шлифовальных кругов для шлифования зубьев конических зубчатых колес

Эскиз круга	Тип круга	Размеры кругов, мм				
		наружный диаметр D	высота H	диаметр отверстия d	внутренний диаметр d_1	глубина H_1
	2Г	275 100	25 10	100 20	220 92	20

Эскиз круга	Тип круга	Размеры кругов, мм				
		наружный диаметр d	высота H	диаметр отверстия d	внутренний диаметр D_1	глубина H_1
	2П	200	10	76	—	—
	ЧЦ	110 135	100	51	90 110	86 84
		175 200 215	115	95	145 165 180	95
	ЧК	250 457 550	94,5	100 203 203	—	74 68 68

§ 59. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5А870В для конических колес с круговыми зубьями

Полуавтомат 5А870В предназначен для шлифования зубьев конических колес с круговой линией зубьев. Обработка осуществляется по методу обката плосковершинным производящим инструментальным колесом, зуб которого воспроизводится рабочими поверхностями чашечно-цилиндрического шлифовального круга. Круг одновременно шлифует разноименные стороны и дно впадины зуба колеса при двустороннем методе и одну сторону зуба и дно впадины при одностороннем методе обработки. Снятие стружки осуществляется при вращении

люльки с инструментом в направлении против хода часовой стрелки. В конце каждого рабочего хода люлька останавливается, затем изделие отводится от шлифовального круга и происходит деление на следующий зуб. В конце холостого хода люльки (по часовой стрелке) изделие подводится к кругу.

Программа работы полуавтомата включает в себя черновую и чистовую правку шлифовального круга, черновое и чистовое шлифование, выхаживание.

Полуавтомат 5А870В (рис. 87) состоит из станины 1, на которой с левой стороны жестко закреплена стойка люльки 3, а с правой расположен стол 7 с

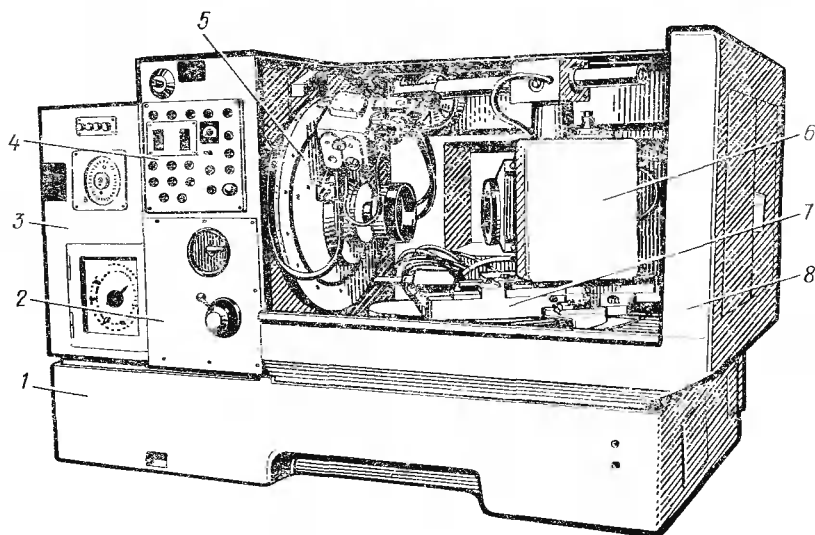


Рис. 87. Зубошлифовальный полуавтомат 5А870В для конических колес:

1 — станина, 2 — механизм управления, 3 — стойка люльки, 4 — пульт управления, 5 — люлька, 6 — бабка изделия, 7 — стол, 8 — ограждение

бабкой изделия 6. Внутри стойки размещена люлька 5, совершающая движение обката. В расточке люльки смонтирован эксцентрик с гильзой, несущей шлифовальный шпиндель. К торцу люльки над шлифовальным кругом прикреплен механизм правки.

На передней стенке стойки размещен пульт управления 4, ниже которого находится рукоятка крана, управляющего перемещением стола и зажимом изделия. В нише стойки под дверкой размещен механизм управления 2 с диском и упорами. Гитара обката находится с задней стороны стойки. Рабочая зона полуавтомата защищена ограждением 8 с вентилятором, отсасывающим аэрозоли типа масляного тумана, возникающего при шлифовании. Бабка изделия 6, несущая на себе шпиндель изделия, гитару деления и гидравлическое устройство зажима оправки с заготовкой, поворачивается на круговых направляющих.

Кинематическая схема зубошлифовального полуавтомата 5А870В (рис. 88) состоит из следующих основных кинематических цепей: главного движения, обката, деления и распределения припуска.

Цепь главного движения связывает вращение регулируемого электродвигателя $M1$ мощностью 3,2 кВт с вращением шлифовального круга ($Ин$). Настройки цепи осуществляют изменением частоты вращения электродвигателя при помощи потенциометра, находящегося на пульте управления. В табл. 117 приведена частота вращения шлифовального круга для 12 ступеней настройки и указана получаемая при этом скорость шлифования для кругов различного диаметра. Превышать указанные значения скоростей для кругов диаметром 175, 200 и 215 мм нельзя исходя из требований техники безопасности.

Цепь обката связывает качательное движение люльки (*Л*), несущей шлифовальный круг, с вращением заготовки (*Заг*). Привод цепи осуществляется от электродвигателя *М2* мощностью 3 кВт через насос *Н* и гидромотор (*ГМ*). Настройка цепи производится по формуле

$$i_{\text{обк}} = \frac{z}{60 \cdot \sin \sigma} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$

где *z* — число зубьев шлифуемого колеса; σ — угол начального конуса колеса; *a*, *b*, *c*, *d* — числа зубьев сменных колес гитары обката.

Цепь деления связывает вращение гидромотора (*ГМ*) с вращением заготовки (*Заг*) через конический дифференциал. Это вращение является дополнительным к обратному вращению заготовки. Настройка цепи производится по формуле

$$i_{\text{дел}} = \frac{30}{z} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1},$$

где *z* — число шлифуемых зубьев; *a*₁, *b*₁, *c*₁, *d*₁ — числа зубьев сменных колес гитары деления. Таблица настроек на числа зубьев 5 . . . 200 приведена в руководстве по эксплуатации полуавтомата.

Цепь распределения припуска дает возможность вручную, вращая квадрат (*Кв*), повернуть изделие в ту или другую сторону во время процесса шлифования. Поворот производится через корпус дифференциала после соединения с ним червячного колеса передачи 1/73.

§ 60. Режимы обработки при шлифовании зубьев конических колес

Для получения высокого качества при шлифовании конических зубчатых колес необходимо соблюдать требования, предъявляемые к станку, инструменту и заготовке. Станок должен быть по возможности защищен от воздействия внешних вибраций, оправка выверена на станке по торцовому и радиальному биению до 0,003 . . . 0,005 мм, шлифовальный круг тщательно отбалансирован и хорошо заправлен. Заготовка, подготовленная к шлифованию зубьев, должна иметь точный торец и отверстие, а припуск на шлифование зубьев — в пределах величин, приведенных в табл. 118.

118. Рекомендуемый припуск на зубошлифование конических колес

Модуль зубчатого колеса, мм	Припуск на сторону зуба, мм	Модуль зубчатого колеса, мм	Припуск на сторону зуба, мм
2 . . . 3	0,125 . . . 0,15	9 . . . 11	0,25 . . . 0,28
4 . . . 5	0,15 . . . 0,18	12 . . . 15	0,30 . . . 0,35
6 . . . 8	0,20 . . . 0,25		

Кроме этого, получение высокого качества зубошлифования в большой степени зависит от выбора оптимальных режимов обработки. Так как рекомендации по режимам обработки носят общий характер, то они должны уточняться в каждом конкретном случае обработки. Большое значение при зубошлифовании придается подаче, которая осуществляется движением обката и называется круговой. Круговая подача представляет собой сьем металла за 1 мин и выражается в с/зуб. Рекомендации по режимам шлифования прямозубых колес приведены в табл. 119, а колес с круговыми зубьями — в табл. 120.

119. Рекомендуемые режимы шлифования прямозубых конических колес

Модуль, мм	Зернистость шлифовального круга	Скорость резания, м/с	Частота движения кругов, дв. ход/мин	Круговая подача, мм/зуб
3 . . . 10	20 . . . 25	20	120 . . . 200 200 . . . 250	1,5 1,25

120. Режимы шлифования конических зубчатых колес с круговыми зубьями

Тип шлифовального круга	Модуль, мм	Круговая подача, с/зуб	Продольная подача, м/мин	Скорость резания, м/с
Чашечно-цилиндрический (ЧЦ)	2 . . . 3	4	—	22 . . . 18
	4 . . . 5	4,5		
	6 . . . 7	5,5		
	8	6		
	9 . . . 10	7,5		
	11 . . . 15	8 . . . 10		
Чашечно-конический (ЧК)	3 . . . 10	—	6 . . . 10	28 . . . 25

Меньшие величины скорости резания рекомендуется применять при шлифовании зубчатых колес, изготовленных из цементируемых сталей.

§ 61. Причины брака при шлифовании зубьев конических колес и способы его устранения

Погрешности, возникающие при шлифовании зубьев конических колес, зависят от состояния станка, заготовки и инструмента. В табл. 121 приведены основные погрешности, появляющиеся при работе на исправном станке, и указаны способы их устранения.

121. Погрешности, возникающие при зубошлифовании конических колес

Характер погрешностей	Возможные причины	Способ устранения
Большая погрешность окружных шагов	Неточная установка смежных зубчатых колес гитары деления Неточность шагов делительного диска Неточность фиксации делительного диска	Установить сменные колеса деления более точно Заменить делительный диск Отрегулировать механизм фиксации делительного диска

Характер погрешностей	Возможные причины	Способ устранения
Большая накопленная погрешность окружного шага	Неточная установка заготовки в радиальном и торцовом направлении Нестабильность фиксации пазов делительного диска Осыпание шлифовального круга	Исправить установку заготовки Отрегулировать механизм фиксации Заменить шлифовальный круг
Большая погрешность профиля зуба	Неточная настройка гитары обката Неправильная заправка шлифовального круга Износ шлифовального круга в процессе шлифования одного колеса	Проверить и исправить настройку гитары обката Проверить прямолинейность хода алмазов Правки и вновь заправить шлифовальный круг Заправить шлифовальный круг и снизить режимы шлифования
Большое отклонение направления зубьев	Неправильная настройка угла конусности Неправильная установка угла бабки изделия	Изменить настройку угла конусности Изменить установку угла бабки изделия

ГЛАВА XI. КОНТРОЛЬ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

§ 62. Общие сведения о контроле зубчатых колес

Для каждого вида передачи разработаны соответствующие стандарты норм точности, в которых приведены отклонения по трем независимым нормам: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев. Эти нормы для каждого отдельного колеса могут назначаться из разных степеней точности, учитывая конкретные условия эксплуатации колес. Однако нормы плавности работы колеса могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности, а нормы контакта зубьев могут быть грубее плавности работы колеса не более чем на одну степень.

В стандарте на точность зубчатых колес предусмотрены следующие виды сопряжения колес (или червяка и колеса) по боковому зазору зубьев: *A* — с увеличенным зазором, *B* — с нормальным, *C* — с уменьшенным, *D* — с малым, *E* — с особо малым и *H* — с нулевым зазором.

Для контроля зубчатых колес в разных условиях производства стандартами предусмотрен ряд комплексов и показателей для каждой из трех норм точности. Комплексы показателей точности устанавливаются изготовителем передач в зависимости от применяемой технологии и принятой системы контроля. При этом учитываются точность передач, размеры измеряемых колес, объем и условия производства, наличие измерительных средств.

Показатели и комплексы показателей для контроля цилиндрических зубчатых колес приведены в табл. 122, для контроля конических зубчатых колес — в табл. 123, для контроля червячных колес и червяков — в табл. 124.

В отдельных отраслях производства чѹ указанные стандарты разработаны ограничения и конкретизируются комплексы показателей контроля колес и передач. Например, в системе Минстанкопрома на допуски конических зубчатых колес действует ОСТ 2 НЗ6—2—78.

122. Контроль качества изготовления цилиндрических зубчатых колес (ГОСТ 1643—72)

Нормы	Показатели или комплексы показателей	Обозначения	Степень точности
Кинематическая точность	Кинематическая погрешность зубчатого колеса	$F'ir$	3 . . 12
	Накопленная погрешность по зубчатому колесу То же, на K шагах	Fpr $Fpkr$	3 . . 6
	Накопленная погрешность по зубчатому колесу	Fpr	7 . . . 8
	Радиальное биение зубчатого венца Погрешность обката	Frr Fcr	3 . . . 8
	Радиальное биение зубчатого венца Колебание длины общей нормали	Frr VWr	3 . . . 8
	Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса Погрешность обката	$F''ir$ Fcr	5 . . . 8
	Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса Колебание длины общей нормали	$F''ir$ VWr	5 . . . 8
	Радиальное биение зубчатого венца	Frr	7 . . . 8 для колес 1600 мм
Плавность работы	Циклическая погрешность зубчатого колеса	$fzkr$	3 . . 8
	Местная кинематическая погрешность	$f'ir$	3 . . . 8
	Отклонение шага	$fptr$	7 . . 8

Нормы	Показатели или комплексы показателей	Обозначения	Степень точности
	Отклонение шага зацепления Погрешность профиля зуба	f_{pbr} f_{ftr}	3 . . . 8
	Отклонение шага зацепления Отклонение шага	f_{pbr} f_{ptr}	3 . . . 8
	Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе	f''_{ir}	5 . . . 12
	Отклонение шага	f_{ptr}	9 . . . 12
Контакт зубьев	Отклонение осевых шагов по нормали Погрешность формы и расположения контактной линии	F_{pxnr} F_{kr}	8 . . . 12
	Отклонение осевых шагов по нормали Отклонение шага зацепления	F_{pxnr} f_{pbr}	3 . . . 8
	Погрешность направления зуба	F_{β}	3 . . . 7
	Погрешность формы и расположения контактной линии	F_{kr}	8 . . . 12

**123. Контроль качества изготовления конических зубчатых колес
(СТ СЭВ 186—75)**

Нормы	Показатели или комплексы показателей	Обозначения	Степень точности
Кинематическая точность	Накопленная погрешность по зубчатому колесу То же, K шагов	F_{pr} F_{pkr}	4 . . . 6
	Накопленная погрешность по зубчатому колесу	F_{pr}	7 . . . 8

Нормы	Показатели или комплексы показателей	Обозначения	Степень точности
	Кинематическая погрешность зубчатого колеса	$F''ir$	4 . . . 8
	Радиальное биение зубчатого венца Погрешность обката	Frr Fcr	4 . . . 8
	Радиальное биение зубчатого венца	Frr	7 . . . 8
Плавность работы	Циклическая погрешность зубчатого колеса	$fzkr$	4 . . . 8
	Отклонение шага Погрешность обката зубцовой частоты	$fptr$ fcr	4 . . . 8
	Отклонение шага	$fptr$	9 . . . 12
Контакт зубьев	Предельные отклонения суммарной зоны контакта	$F'shr$ $F'slr$	4 . . . 12

**124. Контроль качества изготовления червячных колес и червяков
(СТ СЭВ 311—76)**

Нормы	Контролируемый объект	Показатель или комплекс показателей	Обозначения	Степень точности
Кинематическая точность	Червячное колесо	Кинематическая погрешность зубчатого колеса	$F'ir$	3 . . . 8
		Накопленная погрешность по зубчатому колесу То же, на K шагах	Fpr $Fpkr$	1 . . . 6
		Накопленная погрешность по зубчатому колесу	Fpr	7 . . . 8
		Погрешность обката Радиальное биение зубчатого венца	Fcr Frr	7 . . . 8

Нормы	Контролируемый объект	Показатель или комплекс показателей	Обозначения	Степень точности
		Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот колеса Погрешность обката	$F''ir$ Fcr	8
		Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот колеса	$F''ir$	9 . . . 12
		Радиальное биение зубчатого венца	Frr	9 . . . 12
Плавность работы	Червячное колесо	Циклическая погрешность колеса	$fzkr$	2 . . . 7
		Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе	$f''ir$	8 . . . 12
		Предельные отклонения шага Погрешность профиля зуба	$fptr$ ff_{2r}	5 . . . 8
		Предельные отклонения шага	$fptr$	8 . . . 12
	Червяк	Погрешность винтовой поверхности витка червяка Радиальное биение витка	$fhsr$ frr	2 . . . 6
		Погрешность винтовой линии в пределах оборота червяка То же, на длине нарезанной части червяка	fhr $fhkr$	2 . . . 6
		Погрешность винтовой линии в пределах оборота червяка То же, на длине нарезанной части	fhr $fhkr$	4 . . . 8
		Погрешность профиля витка	fh_{1r}	
		Радиальное биение витков червяка	frr	

Нормы	Контролируемый объект	Показатель или комплекс показателей	Обозначения	Степень точности
		Отклонение шага червяка	f_{pxr}	7 . . . 12
		Радиальное биение витка	f_{rr}	
		Погрешность профиля витка	ff_{1r}	
Контакт зубьев	Червячная пара с нерегулируемым расположением осей	Суммарное пятно контакта	—	2 . . . 12
		Отклонение межосевого расстояния в передаче	f_{ar}	2 . . . 12
		Отклонение межосевого угла в передаче	$f_{\Sigma r}$	
		Смещение средней плоскости червячного колеса в передаче	f_{xr}	
	Червячная пара с регулируемым расположением осей	Суммарное пятно контакта	—	2 . . . 12

§ 63. Измерительные средства для контроля зубчатых колес

Для контроля зубчатых колес используют универсальные и специальные измерительные приборы. Специальные приборы предназначены для измерения только одного вида погрешности. В табл. 125 приведены модели приборов отечественного производства, используемых для контроля точности цилиндрических, конических и червячных зубчатых колес.

125. Измерительные средства для контроля зубчатых колес [6]

Контролируемый параметр	Наименование прибора	Модель прибора
-------------------------	----------------------	----------------

Нормы кинематической точности

Кинематическая погрешность зубчатого колеса	Приборы для контроля кинематической погрешности	УКМ-5, БВ-936, БВ-5030, БВ-5033, БВ-5058
Накопленная погрешность шага	Прибор для поэлементного контроля цилиндрических и конических колес и шевров	БВ-5015

Контролируемый параметр	Наименование прибора	Модель прибора
	Приборы для контроля накопленной погрешности шага на угле 180°	ШМ-1, ШМ-2
Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса	Приборы для контроля измерительного межосевого расстояния Прибор для поэлементного контроля зубчатых колес	БВ-5029, МЦ-160М, МЦ-320М, МЦ-400Б, МЦ-630 БВ-5050
Радиальное биение зубчатого венца	Биенимеры	25002, Б-10М
Колебание длины общей нормали	Микрометр зуборезный Нормалемеры	МЗ БВ-5045, БВ-5046, БВ-5047-25, БВ-5047-50, 2221-К
Погрешность обката	Теодолит с автоколлиматором Кинематомер магнитоэлектрический Прибор для автоматического измерения кинематической погрешности зубофрезерных станков	— МЭК-2 КН-6М

Нормы плавности работы

Местная кинематическая погрешность	Волномеры	БВ-5024, БВ-5024С
Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе	Приборы для контроля измерительного межосевого расстояния	МЦ-160М, МЦ-320М, МЦ-400Б, МЦ-630, БВ-5050
Отклонение шага зацепления	Шагомеры для контроля шага зацепления и разности шагов	21501 (БВ-1080), 21601 (БВ-1081), 21701 (БВ-5019), БВ-5001М, БВ-5043, БВ-5044, БВ-754М

Контролируемый параметр	Наименование прибора	Модель прибора
Погрешность профиля	Эвольвентомеры универсальные	ЕВ-5057, КЭУ-СМА, БВ-1089, БВ-5032
Отклонение шага	Приборы для поэлементного контроля зубчатых колес Приборы для контроля накопленной погрешности шага Шагомеры	БВ-5015, БВ-5050, БВ-5035 ШМ-1, ШМ-2 БВ-5001, БВ-5044
Нормы контакта зубьев		
Суммарное пятно контакта	Контрольно-обкатные станки и приспособления	
Осевой шаг. Погрешность контактной линии. Прямолинейность контактной линии	Контактомер универсальный с устройством для контроля осевого и углового шага	БВ-5028
Направление зуба	Прибор для контроля направления зуба Ходомер	БВ-5055, БВ-986 БВ-5034
Нормы бокового зазора		
Смещение исходного контура	Зубомеры тангенциальные	2301, 2311, 2321
Отклонение толщины зуба	Зубомеры кромочные Штангензубомер с нониусом	ЗИМ-16, ЗИМ-32 БВ-5016К, БВ-5017К ШЗ
Отклонение средней длины общей нормали	Микрометр зубомерный Нормалемеры	МЗ БВ-5045, БВ-5046, БВ-5047—25, БВ 5047—50, 2221-К

§ 64. Контроль кинематической точности зубчатых колес

Кинематическая точность зубчатого колеса определяет величину полной погрешности его поворота за один оборот. Эта погрешность возникает в результате непостоянства радиального положения осей заготовки и инструмента, а также в результате погрешности обката зубообрабатывающего станка.

Кинематическая точность колеса может быть достаточно полно определена измерением его накопленной погрешности шага. Контроль накопленной погрешности шага осуществляется одним из двух методов: абсолютным или относительным. При абсолютном методе контроля, например, на универсаль-

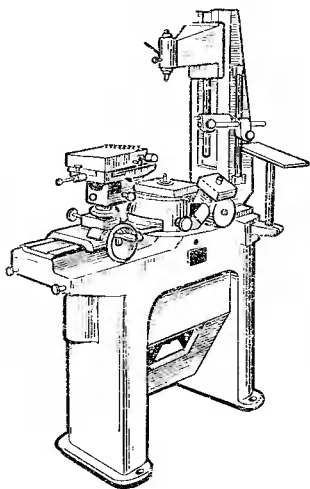


Рис. 89. Прибор БВ-5015 для абсолютного контроля зубчатых колес

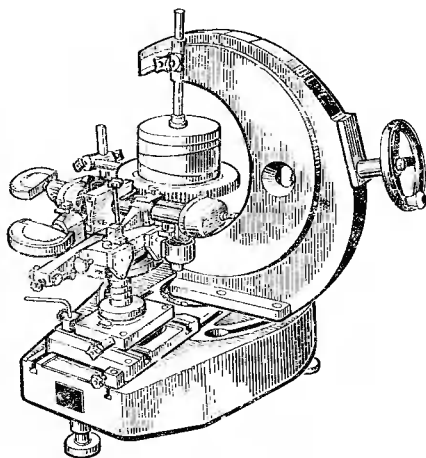
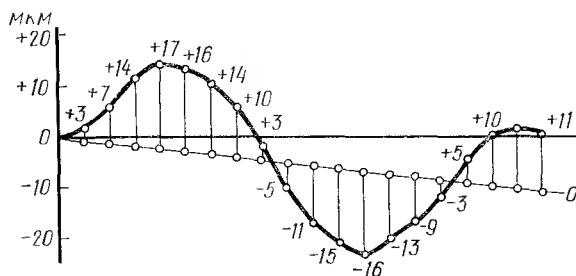


Рис. 90. Прибор фирмы «Цейсс» для измерения погрешности окружного шага

ном приборе БВ-5015 (рис. 89) положение зубьев определяется угломерным устройством с ценой деления 1 с. Для измерения накопленной погрешности шага относительным методом используют прибор с двумя измерительными наконечниками, например, фирмы «Цейсс» (рис. 90).

После последовательной записи измерений относительных отклонений окружного шага на каждом зубе определяют суммарное значение этих отклонений, как показано в табл. 126. После этого строят диаграмму накопленной погрешности, характеризующую также и неравномерность окружного шага. Диаграмма строится следующим образом. Наибольшую величину суммарного значения отклонения шага на последнем зубе откладывают по оси y с обратным знаком. Полученную точку соединяют с началом координат и от этой новой наклонной оси откладывают подсчитанные суммарные значения на каждом зубе со своим знаком. Полученная кривая характеризует накопленную погрешность шага зубчатого колеса относительно первоначальной оси.

126. Пример определения накопленной погрешности окружного шага



№ зубьев	Относительная погрешность шага (измеренная)	Суммарные относительные отклонения шага	№ зубьев	Относительная погрешность шага (измеренная)	Суммарные относительные отклонения шага
1	0	0	11	-6	-11
2	+3	+ 3	12	-4	-15
3	+4	+ 7	13	-1	-16
4	+7	+14	14	+3	-13
5	+3	+17	15	+4	- 9
6	-1	+16	16	+6	- 3
7	-2	+14	17	+8	+ 5
8	-4	+10	18	+5	+10
9	-7	+ 3	19	+2	+12
10	-8	- 5	20	-1	+11

Допуски на накопленную погрешность цилиндрических колес (табл. 127) относятся ко всей окружности колеса, а конических (табл. 128) и червячных (табл. 129) — к дуге окружности, равной 180° , или K шагов, где $K = z/2$.

127. Допуски на накопленную погрешность цилиндрических зубчатых колес (ГОСТ 1643—72)

Степень точности	Модуль m , мм	Диаметр делительной окружности d , мм													
		до 32	св. 32 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 200	св. 200 до 315	св. 315 до 500	св. 500 до 630	св. 630 до 1000	св. 1000 до 1600	св. 1600 до 2500	св. 2500 до 4000	св. 4000 до 6300	
		Допуск на накопленную погрешность F_p , мкм													
3	1 . . . 10	6	6	7	9	10	11	12	16	20	25	36	45	56	
4	1 . . . 10	9	10	11	14	16	19	22	25	32	40	63	75	95	
5	1 . . . 16	14	16	18	22	25	30	34	40	50	63	100	120	150	
6	1 . . . 16	22	25	28	34	40	45	56	63	80	100	160	190	240	
7	1 . . . 25	32	36	42	48	55	67	80	90	110	140	200	260	330	
8	1 . . . 56	45	50	56	67	80	95	110	125	160	200	320	380	480	

128. Допуски на накопленную погрешность конических зубчатых колес (СТ СЭВ 186—75)

Степень точности	Средний нормальный модуль m , мм	Длина дуги L , мм													
		до 11,2	св. 11,2 до 20	св. 20 до 32	св. 32 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 160	св. 160 до 315	св. 315 до 630	св. 630 до 1000	св. 1000 до 1600	св. 1600 до 2500	св. 2500 до 3150	св. 3150 до 4000	св. 4000 до 5000
		Допуск на накопленную погрешность K шагов F_{pk} , мкм													
4	1...10	4,5	6	8	9	10	12	18	25	32	40	45	56	63	71
5	1...16	7	10	12	14	16	20	28	40	50	63	71	90	100	112
6	1...16	11	16	20	22	25	32	45	63	80	100	112	140	160	180
7	1...25	16	22	28	32	36	45	63	90	112	140	160	200	224	250
8	1...25	22	32	40	45	50	63	90	125	160	200	224	280	315	353

129. Допуски на накопленную погрешность червячных колес (СТ СЭВ 311—76)

Степень точности	Средний модуль m , мм	Длина дуги L , мм													
		до 11,2	св. 11,2 до 20	св. 20 до 32	св. 32 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 160	св. 160 до 315	св. 315 до 630	св. 630 до 1000	св. 1000 до 1600	св. 1600 до 2500	св. 2500 до 3150	св. 3150 до 4000	св. 4000 до 5000
		Допуск на накопленную погрешность K шагов F_{pk} , мкм													
1	1...16	1,1	1,6	2	2,2	2,5	3,2	4,5	6	8	10	11	14	16	18
2	1...16	1,8	2,5	3,2	3,6	4	5	7	10	12	16	18	22	25	28
3	1...16	2,8	4	5	5,5	6	8	11	16	20	25	28	36	40	45
4	1...16	4,5	6	8	9	10	12	18	25	32	40	45	56	63	71
5	1...16	7	10	12	14	16	20	28	40	50	63	71	90	100	112
6	1...16	11	16	20	22	25	32	45	63	80	100	112	140	160	180
7	1...25	16	22	28	32	36	45	63	90	112	140	160	200	224	250
8	1...25	22	32	40	45	50	63	90	125	160	200	224	280	315	353

Кинематическую точность зубчатого колеса также можно проверить при комплексном двухпрофильном контроле. Например, на приборе МЦМ-320М (рис. 91) для контроля измерительного межосевого расстояния можно проверять цилиндрические, конические и червячные колеса, а также колеса внутреннего зацепления. В измерительных лабораториях изменение межосевого расстояния регистрируют электрическим записывающим устройством. На рабочих местах устанавливают более простые приборы, например, МЦ-400Б (рис. 92).

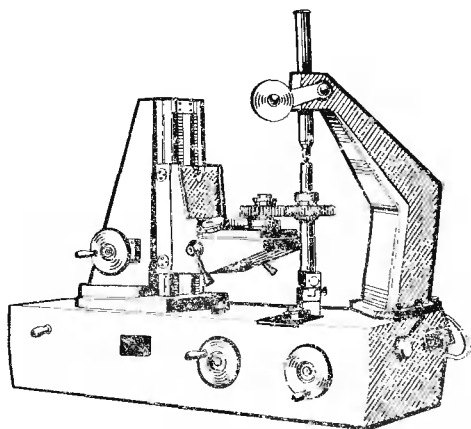


Рис. 91. Прибор МЦМ-320М для контроля измерительного межосевого расстояния

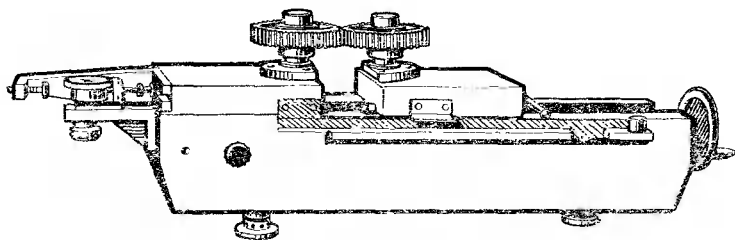


Рис. 92. Прибор МЦ-400Б для контроля измерительного межосевого расстояния

§ 65. Контроль плавности работы зубчатых колес

Плавность работы зубчатого колеса определяется величиной составляющих полной погрешности угла поворота колеса, многократно повторяющихся за один его оборот. Одним из наиболее распространенных комплексов контроля плавности является контроль профиля зуба. С отклонением профиля зуба от теоретической эвольвентной кривой связаны погрешности режущего инструмента и погрешности станка, поэтому контроль профиля зуба осуществляется как при приемке зубчатых колес, так и при отладке технологического процесса зубообработки.

Профиль зуба измеряется на приборе, называемом эвольвентомером. На рис. 93 показан универсальный эвольвентомер КЭУ-СМА, у которого теоретическая эвольвента воспроизводится эвольвентным кулаком и рычажной передачей. Существуют эвольвентомеры, у которых эвольвентная кривая воспроизводится сменными дисками с диаметром, равным диаметру основной окружности контролируемого зубчатого колеса. Погрешность профиля регистрирует записывающее устройство в виде волнистой линии, как, например, показано на рис. 94.

Кривая записи на рис. 94, а соответствует правильному профилю зуба, погрешность — минимальная, отклонений от установленного угла зацепления нет. Кривая на рис. 94, б показывает увеличенную погрешность профиля при достаточно правильном угле зацепления. Кривая на рис.

94, в показывает завал головки зуба в тело колеса при малой погрешности кривизны эвольвенты. В этом случае необходимо уменьшить угол зацепления, имеющийся на профиле зуба инструмента. На рис. 94, г кривая показывает завал ножки зуба в тело. Это характерно для уменьшенного угла зацепления относительно расчетного.

§ 66. Контроль контакта зубчатых колес

Комплексным показателем норм полноты контакта является суммарное пятно контакта с парным зубчатым колесом в передаче. В ряде случаев точность зубчатых колес оценивается по пятну контакта с зубьями измеритель-

ного колеса, однако нормы контакта в этом случае несколько ужесточаются. Для контроля пятна контакта боковую поверхность меньшего из колес или измерительного колеса покрывают тонким слоем краски (берлинская лазурь, турнбуллевая синь, голландская сажа, свинцовые и цинковые белила). Обкат пары

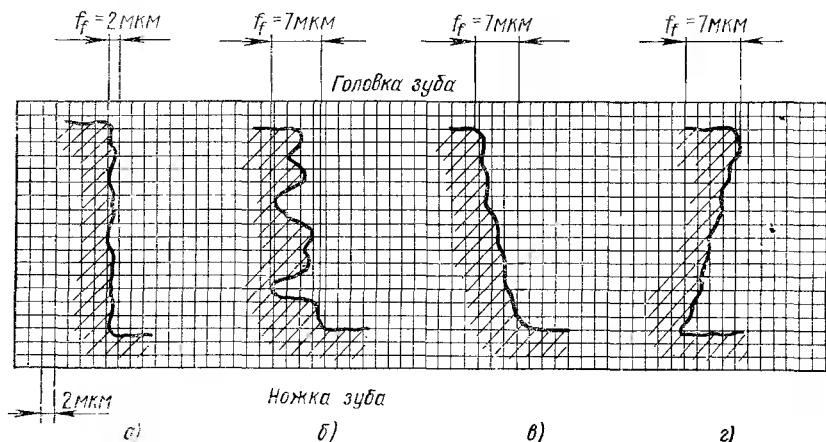


Рис. 94. Эвольвентограмма профиля зуба

зубчатых колес осуществляют на любом приборе или контрольно-обкатном станке при легком подтормаживании, после чего оценивается степень прилегания сопрягаемых профилей.

Кроме пятна контакта, контакт зубчатых колес оценивается по направлению зуба, а также по погрешности формы и направления контактной линии. Проверку производят либо на приборе для контроля направления зуба, либо на универсальном контактомере БВ-5028, показанном на рис. 95.

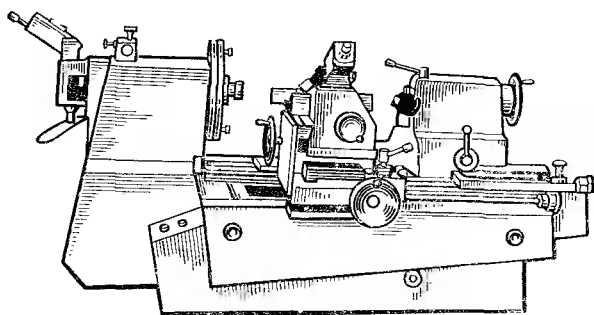


Рис. 95. Контактмер универсальный БВ-5028

Контроль пятна контакта конических зубчатых колес осуществляется на специальных контрольно-обкатных станках, технические данные которых приведены в табл. 130.

130. Основные технические данные контрольно-обкатных станков для конических колес

Модель станка	Наибольший диаметр устанавливаемых колес, мм	Частота вращения ведущего шпинделя, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Марка станка, т	Примечание
5Б720	125	600 ... 10 000	0,9	1,0	Универсальный Повышенной точности Высокой точности
5Б722	200	800 ... 1200	1,1/1,8	1,7	
5Г725	500	625 ... 1250	2,3/3,9	4,5	
5Б725	500	625 ... 1250	2,3/3,9	3,07	
5Д725	500	300 ... 3000	6,5	6,29	
5Б726	800	230 ... 1250	5,5/7,5	7	
5А727	1600	200 ... 800	7,5/13	8	

Контролируемые зубчатые колеса устанавливают на шпинделе контрольно-обкатных станков по монтажным их дистанциям и приводятся во вращение попеременно в обе стороны. Во время вращения по приборам оценивается уровень шума, а после вращения оценивается пятно контакта в зацеплении.

Если форма, величина и место расположения пятна контакта превышают указанные в стандартах значения или не удовлетворяют условиям эксплуатации, то незакаленное зубчатое колесо исправляют на зуборезных станках, а термически обработанное исправляют на специальных зубопритирочных станках, технические данные которых приведены в табл. 131.

131. Технические данные зубопритирочных станков для конических зубчатых колес

Модель станка	Наибольший диаметр обрабатываемых зубчатых колес, мм	Частота вращения ведущего шпинделя, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
5П720	125	300 ... 2500	1,1	1,4
5П722	320	1450	5,5	4,1
5725Е	500	1450	5,5	4,8
5724	800	420 ... 840	10/4,4	7,0

Цилиндрические зубчатые колеса, работающие в высокоскоростных механизмах, подбирают в парные комплекты по форме касания рабочих поверхностей зубьев и по характеру шума при испытании на контрольно-шумовых станках. Основные технические данные этих станков приведены в табл. 132.

Проверке на шум подвергают зубчатые колеса, работающие с окружными скоростями более 3 м/с. Как правило, проверка производится с рабочей окружной скоростью колеса, но при отсутствии оборудования, обеспечивающего такую скорость, ее можно повысить на 30—40%.

Контроль зубчатых колес на шум может быть полным или сокращенным. При полном контроле определяют уровень звуковой мощности и спектральный состав шума, а при сокращении — только уровень звуковой мощности.

132. Технические данные станков для проверки цилиндрических зубчатых колес на шум

Модель станка	Наибольший диаметр устанавливаемого зубчатого колеса, мм	Частота вращения ведущего колеса, об/мин	Мощность главного привода, кВт	Масса станка, т
5793	320	750 . . . 1500	2,2	1,63
5795	500	500 . . . 2000	3,0	2,1

Уровень шума зубчатой передачи в зависимости от частоты зацепления зубьев, определяемой по формуле

$$f_z = \frac{n \cdot z}{60} \quad (\text{Гц}),$$

где n — частота вращения колеса, об/мин; z — число зубьев этого колеса. Уровень шума не должен превышать значений, приведенных в табл. 133.

Снижение уровня шума зубчатой передачи, кроме подбора в парные комплекты, достигается также повышением точности обработки зубчатых колес по профилю, направлению и окружному шагу зуба, повышением точности изготовления базовых поверхностей колеса, а также приданием зубьям специальной формы в результате фланкирования и бочкообразования. Конкретные значения допускаемых погрешностей и величины коррекции зуба зависят от условий эксплуатации передачи.

133. Допускаемый уровень шума зубчатых передач

Пределы частоты зацепления f_z , Гц	Допустимый уровень шума, дБ
До 320	83
Св. 320 до 800	80
» 800 » 2000	76
» 2000 » 5000	70

§ 67. Контроль размеров зубьев и бокового зазора зубчатых колес

Для обеспечения работы зубчатой передачи с нормальными условиями смазки и без заклинивания для каждого из видов сопряжения принят гарантированный зазор между зубьями, который в передаче можно контролировать непосредственно щупом или индикатором. Контроль отдельно взятого зубчатого колеса осуществляют по длине общей нормали или толщине зуба.

Контроль по длине общей нормали показан на рис. 96. Общая нормаль к двум профилям зубчатого колеса касательна к основной окружности d_b и проходит через точки 1 и 2, нахо-

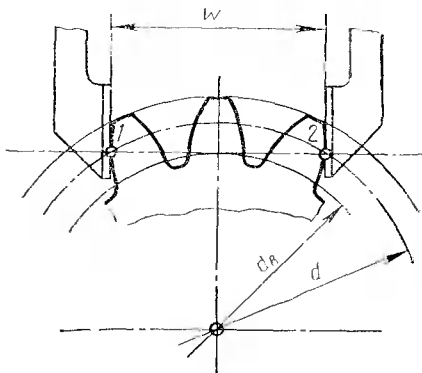


Рис. 96. Схема измерения длины общей нормали

дящиеся на делительной окружности d и принадлежащие разноименным профилям зубьев. Контроль длины общей нормали не требует применения промежуточной базы и производится измерительными средствами, имеющими плоскопараллельные губки, например зубомерными микрометрами (рис. 97), нормалемрами (рис. 98) и др.

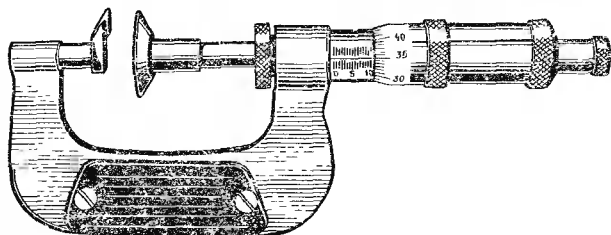


Рис. 97. Микрометр зубомерный МЗ-К-50

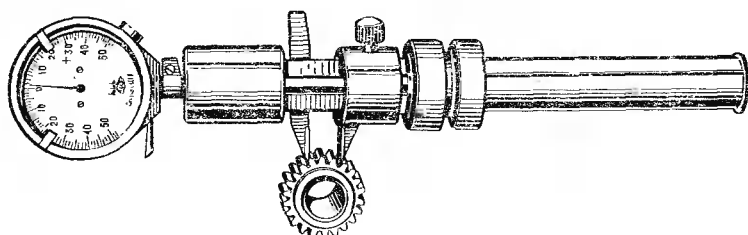


Рис. 98. Нормалемр БВ-5045

По длине общей нормали зубчатых колес определяют боковой зазор в передаче. Длина общей нормали с допуском в тело зуба указывается на чертеже зубчатого колеса. В общем случае длина общей нормали определяется по формуле

$$W = m \cdot \cos \alpha \cdot [\pi \cdot (z_n - 0,5) + 2x \cdot \operatorname{tg} \alpha + z \cdot \operatorname{inv} \alpha],$$

где z_n — округленное до ближайшего целого числа значение числа зубьев в длине общей нормали; z — число зубьев измеряемого колеса; x — коэффициент смещения исходного контура; α — угол зацепления; α — угол профиля косозубого колеса, вычисляемый по формуле $\alpha_t = \operatorname{tg} \alpha / \cos \beta$, где β — угол наклона зуба.

На практике для угла зацепления $\alpha = 20^\circ$ длина общей нормали определяется с использованием таблиц. По табл. 134 определяют длину общей нормали зубчатых колес с модулем 1 мм. Для других значений модулей табличные величины следует умножать на значение модуля измеряемого зубчатого колеса. Длина общей нормали у косозубых колес может быть измерена, если выполнено условие

$$W < \frac{b}{\sin \beta},$$

где b — ширина венца зубчатого колеса; β — угол наклона зуба.

В этом случае определение табличного значения длины общей нормали производится по приведенному числу зубьев: $z' = z \cdot K$, где K — коэффициент, зависящий от угла наклона зубьев и определяемый по табл. 135. Величина K для промежуточных значений угла наклона определяется интерполированием: например, для $\beta = 29^\circ 48'$

$$K = 1,462 + 0,042 \cdot \frac{48}{60} = 1,496.$$

134. Длина общей нормали для зубчатых колес модуля 1 мм

z	z_n	W	z	z_n	W	z	z_n	W
6	2	4,5122	61	8	22,9953	116	14	41,4784
7	2	4,5263	62	8	23,0093	117	14	41,4924
8	2	4,5403	63	8	23,0233	118	14	41,5064
9	2	4,5543	64	8	23,0373	119	14	41,5204
10	2	4,5683	65	8	23,0513	120	14	41,5344
11	2	4,5823	66	8	23,0654	121	14	41,5485
12	2	4,5963	67	8	23,0794	122	15	44,5146
13	2	4,6103	68	8	23,0934	123	15	44,5286
14	2	4,6243	69	8	23,1074	124	15	44,5426
15	2	4,6383	70	9	26,0735	125	15	44,5566
16	2	4,6523	71	9	26,0875	126	15	44,5706
17	3	7,6184	72	9	26,1015	127	15	44,5846
18	3	7,6324	73	9	26,1155	128	15	44,5986
19	3	7,6464	74	9	26,1295	129	15	44,6126
20	3	7,6605	75	9	26,1435	130	16	47,5788
21	3	7,6745	76	9	26,1575	131	16	47,5928
22	3	7,6885	77	9	26,1715	132	16	47,6068
23	3	7,7025	78	10	29,1377	133	16	47,6208
24	3	7,7185	79	10	29,1517	134	16	47,6348
25	3	7,7305	80	10	29,1657	135	16	47,6488
26	4	10,6966	81	10	29,1797	136	16	47,6628
27	4	10,7106	82	10	29,1937	137	16	47,6768
28	4	10,7246	83	10	29,2077	138	16	47,6908
29	4	10,7386	84	10	29,2217	139	17	50,6569
30	4	10,7526	85	10	29,2357	140	17	50,6709
31	4	10,7666	86	10	29,2490	141	17	50,6849
32	4	10,7806	87	11	32,2159	142	17	50,6989
33	4	10,7946	88	11	32,2299	143	17	50,7129
34	4	10,8086	89	11	32,2439	144	17	50,7270
35	5	13,7748	90	11	32,2579	145	17	50,7410
36	5	13,7888	91	11	32,2719	146	17	50,7550
37	5	13,8028	92	11	32,2859	147	17	50,7690
38	5	13,8168	93	11	32,2999	148	18	53,7351
39	5	13,8308	94	11	32,3139	149	18	53,7491
40	5	13,8448	95	11	32,3279	150	18	53,7631
41	5	13,8588	96	12	35,2940	151	18	53,7771
42	5	13,8728	97	12	35,3080	152	18	53,7911
43	5	13,8868	98	12	35,3220	153	18	53,8051
44	6	16,8530	99	12	35,3361	154	18	53,8192
45	6	16,8669	100	12	35,3501	155	18	53,8332
46	6	16,8810	101	12	35,3641	156	19	56,7993
47	6	16,8950	102	12	35,3781	157	19	56,8133
48	6	16,9090	103	12	35,3921	158	19	56,8273
49	6	16,9230	104	13	38,3582	159	19	56,8413
50	6	16,9370	105	13	38,3722	160	19	56,8553
51	7	16,9510	106	13	38,3862	161	19	56,8693
52	7	19,9171	107	13	38,4002	162	19	56,8833
53	7	19,9311	108	13	38,4143	163	19	56,8973
54	7	19,9451	109	13	38,4283	164	19	56,9113
55	7	19,9592	110	13	38,4423	165	20	59,8775
56	7	19,9732	111	13	38,4563	166	20	59,8915
57	7	19,9872	112	13	38,4703	167	20	59,9055
58	7	20,0012	113	14	41,4364	168	20	59,9195
59	7	20,0152	114	14	41,4504	169	20	59,9335
60	7	20,0292	115	14	41,4644	170	20	59,9475

z	z_n	W	z	z_n	W	z	z_n	W
171	20	59,6915	181	21	63,0537	191	23	69,0980
172	20	59,9755	182	21	63,0677	192	23	69,1120
173	20	59,9895	183	22	66,0338	193	23	69,1260
174	21	62,9557	184	22	66,0479	194	23	69,1400
175	21	62,9697	185	22	66,0619	195	23	69,1540
176	21	62,9837	186	22	66,0759	196	23	69,1680
177	21	62,9977	187	22	66,0899	197	23	69,1820
178	21	63,0117	188	22	66,1039	198	23	69,1961
179	21	63,0257	189	22	66,1179	199	24	72,1622
180	21	63,0397	190	22	66,1319	200	24	72,1762

135. Коэффициент приведения числа зубьев косозубых колес

β°	K	Разность	β°	K	Разность	β°	K	Разность
1	1,000	0,002	21	1,216	0,024	41	2,207	0,096
2	1,002	0,002	22	1,240	0,026	42	2,303	0,105
3	1,004	0,003	23	1,266	0,027	43	2,408	0,112
4	1,007	0,004	24	1,293	0,030	44	2,520	0,121
5	1,011	0,005	25	1,323	0,031	45	2,641	0,132
6	1,016	0,006	26	1,354	0,034	46	2,773	0,143
7	1,022	0,006	27	1,388	0,036	47	2,916	0,155
8	1,028	0,008	28	1,424	0,038	48	3,071	0,168
9	1,036	0,009	29	1,462	0,042	49	3,239	0,184
10	1,045	0,009	30	1,504	0,044	50	3,423	0,200
11	1,054	0,011	31	1,548	0,047	51	3,623	0,220
12	1,065	0,012	32	1,595	0,051	52	3,843	0,240
13	1,077	0,013	33	1,646	0,054	53	4,083	0,264
14	1,090	0,014	34	1,700	0,058	54	4,347	0,291
15	1,104	0,015	35	1,758	0,062	55	4,638	0,320
16	1,119	0,017	36	1,820	0,067	56	4,958	0,354
17	1,136	0,018	37	1,887	0,072	57	5,312	0,391
18	1,154	0,019	38	1,959	0,077	58	5,703	0,435
19	1,173	0,021	39	2,039	0,083	59	6,138	0,485
20	1,194	0,022	40	2,119	0,088	60	6,623	

В случае, когда приведенное число зубьев не является целым числом, добавочное значение длины общей нормали W находится по табл. 136.

Пример определения длины общей нормали

Параметры зубчатого колеса: модуль $m = 4$ мм, число зубьев $z = 23$, угол зацепления $\alpha = 20^\circ$, угол наклона зубьев $\beta = 29^\circ 48'$, коэффициент смещения $x = 0,2$.

Значение K находим по табл. 135: $K = 1,496$ для $\beta = 29^\circ 48'$.

Приведенное число зубьев: $z' = z \cdot K = 23 \cdot 1,496 = 34,41$.

Значение $W = 10,8086$ для $z = 34$ (по табл. 134).

Значение $W = 0,0057$ для $z = 0,41$ (по табл. 136).

Поправка на коэффициент смещения: $2 \cdot \sin \beta \cdot x = 2 \cdot 0,342 \cdot 0,2 = 0,1368$.

Поправка в случае изменения числа зубьев в обхвате равна 2,9521 ($z_n = 4$ при $z = 34$, $z_n = 5$ при $z = 35$).

136. Длина общей нормали
для дробного значения приведенного числа зубьев (z')

z'	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0001	0,0003	0,0004	0,0006	0,0007	0,0008	0,0010	0,0011	0,0013
0,1	0,0014	0,0015	0,0017	0,0018	0,0020	0,0021	0,0022	0,0024	0,0025	0,0027
0,2	0,0028	0,0029	0,0031	0,0032	0,0034	0,0035	0,0036	0,0038	0,0039	0,0041
0,3	0,0042	0,0043	0,0045	0,0046	0,0048	0,0049	0,0051	0,0052	0,0053	0,0055
0,4	0,0056	0,0057	0,0059	0,0060	0,0061	0,0063	0,0064	0,0066	0,0067	0,0069
0,5	0,0070	0,0071	0,0073	0,0074	0,0076	0,0077	0,0079	0,0080	0,0081	0,0083
0,6	0,0084	0,0085	0,0087	0,0088	0,0089	0,0091	0,0092	0,0094	0,0095	0,0097
0,7	0,0098	0,0099	0,0101	0,0102	0,0104	0,0105	0,0106	0,0108	0,0109	0,0111
0,8	0,0112	0,0114	0,0115	0,0116	0,0118	0,0119	0,0120	0,0122	0,0123	0,0124
0,9	0,0126	0,0127	0,0129	0,0130	0,0132	0,0133	0,0135	0,0136	0,0137	0,0139

Для зубчатого колеса $m=1$ мм $W=13,9032$; для $m=4$ мм $W=13,9032 \cdot 4 = 55,613$ мм.

Контроль толщины зуба в большинстве случаев осуществляют по постоянной хорде \bar{S}_c (рис. 99), являющейся отрезком прямой, соединяющей две точки разноименных боковых поверхностей зуба, принадлежащие одной цилиндрической соосной поверхности и нормалям, проведенным к ним из одной точки делительной окружности диаметра d . Величина постоянной хорды \bar{S}_c в общем случае определяется по формуле

$$\bar{S}_c = \left(\frac{\pi}{2} \cdot \cos^2 \alpha + x \cdot \sin 2\alpha \right) \cdot m,$$

а высота h_c до постоянной хорды по формуле $h_c = 0,5(d_a - d - \bar{S}_c \cdot \operatorname{tg} \alpha)$.

Для цилиндрических зубчатых колес с углом зацепления $\alpha = 20^\circ$ $\bar{S}_c = 1,38705 \cdot m$; $h_c = 0,74758 \cdot m$.

Толщину зуба измеряют кромочным штангензубомером (рис. 99) с отсчетом по шкалам линейки, штангензубомером с микрометрическими головками (рис. 100) или тангенциальным зубомером (рис. 101). Последние более удобны в работе, так как номинальные размеры толщины зуба и положение линии измерения устанавливают микрометрическими винтами, а отклонение толщины зуба определяют по индикатору.

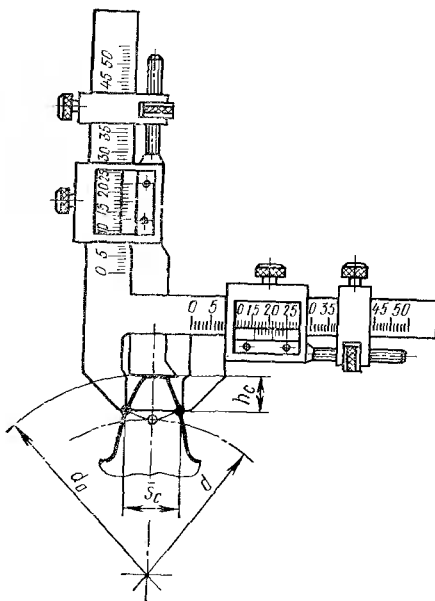


Рис. 99. Контроль толщины зуба штангензубомером

§ 68. Контроль шероховатости поверхности зубьев

Шероховатость поверхности зубьев колес и витков червяков зависит от способа их изготовления, а требования к шероховатости определяются условиями эксплуатации передачи. Контроль шероховатости поверхности зубьев может быть осуществлен двойным микроскопом, профилометром, волномером, а также по образцам сравнения.

В табл. 137 приведены рекомендуемые значения параметров шероховатости поверхности зубьев в зависимости от степени точности передачи.

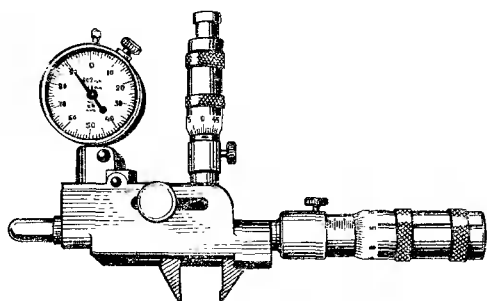


Рис. 100. Зубомер кромочный ЗИМ-16

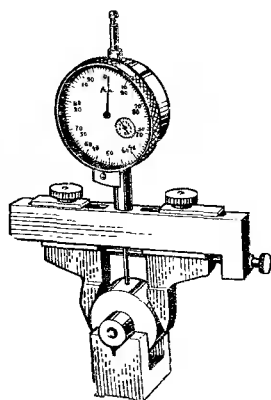


Рис. 101. Зубомер тангенциальный 23011

137. Рекомендуемые значения шероховатости поверхности зубьев (ОСТ 2 Н84-1—77)

Степень точности колеса	Цилиндрические колеса		Конические колеса		Червячные колеса		Витки червяков	
	Шероховатость поверхности по ГОСТ 2789—73							
	Класс	Пара- метр <i>Ra</i>	Класс	Пара- метр <i>Ra</i>	Класс	Пара- метр <i>Ra</i>	Класс	Пара- метр <i>Ra</i>
3	—	—	—	—	9б	0,20	7б	0,80
4	8б	0,40	—	—	8б	0,40	7б	0,80
5	7б	0,80	7б	0,80	7б	0,80	6б	1,6
6	6б	1,6	7б	0,80	7б	0,80	6б	1,6
7	6б	1,6	6б	1,6	6б	1,6	5	3,2
8	5	3,2	5	3,2	6б	1,6	5	3,2
9	4	6,3	4	6,3	—	—	—	—

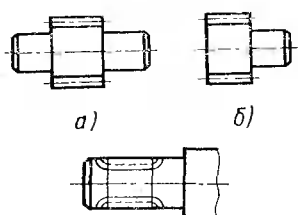
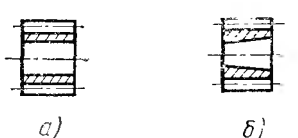
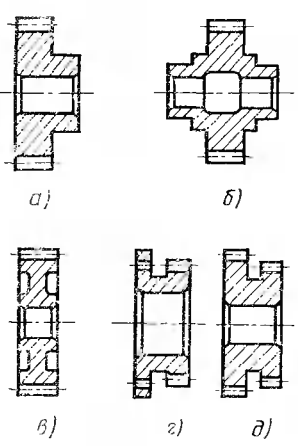
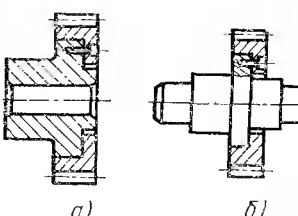
ГЛАВА XII. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

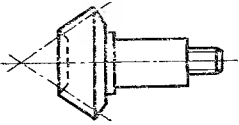

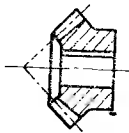
§ 69. Типовой технологический процесс обработки зубчатых колес

Разнообразие форм и параметров зубчатых колес создает разнообразие технологических процессов их изготовления, которые в общем состоят из следующих основных операций: изготовление заготовки, подготовка технологических баз, нарезание зубьев, термическая обработка, отделка посадочных и базовых поверхностей, отделка рабочих поверхностей зубьев.

При разработке технологического процесса необходимо учитывать геометрическую форму зубчатого колеса, степень точности готового изделия, количество зубчатых венцов цилиндрического колеса, форму зубьев, материал колеса, вид производства, термическую обработку и ряд других факторов, присущих обработке конкретного зубчатого колеса.

138. Технологические формы зубчатых колес

Вид зубчатого колеса	Форма зубчатого колеса	Эскиз
Цилиндриче- ские и червяч- ные	Вал-шестерня: а) двусторонний вал с открытым венцом, б) односторонний вал с открытым венцом, в) вал с врезным вен- цом	 <p>а) б)</p> <p>в)</p>
	Насадные зубчатые ко- леса с малым числом зубьев: а) с цилиндрическим отверстием, б) с коническим отвер- стием	 <p>а) б)</p>
	Насадные зубчатые ко- леса: а) со ступицей, б) с шейками, в) плоские, г) закрытый венец с буртом, д) блочные	 <p>а) б)</p> <p>в) г) д)</p>
	Составные зубчатые колеса: а) со ступицей, б) с валом	 <p>а) б)</p>

Вид зубчатого колеса	Форма зубчатого колеса	Эскиз
Конические	С хвостовиком	
	Дисковой формы	
	Со ступицей	

Геометрическая форма зубчатых колес по возможности должна быть образована простыми поверхностями, не иметь лишних выточек, если это не обусловлено требованиями уменьшения массы детали. Если выточки образуются механической обработкой, то они должны быть цилиндрическими и сопряженными с диском переходными поверхностями одного радиуса. Торцы зубчатых венцов и ступицы рекомендуется сочетать с диском фасками.

В табл. 138 приведены основные технологические характеристики форм зубчатых колес.

Степень точности готового зубчатого колеса оказывает влияние на структуру операций в технологическом процессе, выбор класса точности станка и инструмента, а также определяет необходимость дополнительных операций по обработке базовых поверхностей, выбор режимов обработки и качество оснаст-

ки. В табл. 139 приведены рекомендуемые классы точности станков и инструмента для нарезания цилиндрических зубчатых колес различных степеней точности.

139. Рекомендуемые классы точности станков и инструмента при нарезании зубьев цилиндрических колес

Классы точности станка и инструмента	Степень точности колеса по ГОСТ 1643—72								
	1 . . . 2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Классы точности								
Станки по ГОСТ 8—72	Ма-стер-станки	С	А	В	П	Н	Н	Н	Н
Червячные фрезы по ГОСТ 9324—60	—	—	—	—	ААА	АА	А	В	С
Долбяки по ГОСТ 9323—60	—	—	—	—	АА	А	В	—	—
Дисковые фрезы по ГОСТ 10996—64	—	—	—	—	—	—	—	В	—
Шеверы по ГОСТ 8570—57	—	—	—	АА	А	В	С	—	—

Масштаб производства зубчатых колес определяет выбор типа оборудования и влияет на технологический процесс в целом. В табл. 140 и 141 приведены типовые технологические процессы изготовления цилиндрического зубчатого насадного колеса и указано рекомендуемое оборудование. Для другого типа детали, например, вала-шестерни, изменяются или добавляются только некоторые операции.

140. Типовой технологический процесс изготовления насадного зубчатого колеса (термически не обработанного)

Операция	Вид оборудования при производстве		
	единичном и мелкосерийном	серийном	крупносерийном и массовом
Черновая обработка с одной стороны	Токарный или револьверный станок	Револьверный станок	Револьверный или токарный полуавтомат
Черновая или получистовая обработка с другой стороны (включая выточки)	То же	То же	То же
Чистовая обработка посадочного отверстия, базовых торцов и наружного диаметра	Токарный станок	Токарный полуавтомат или токарный станок	Токарный гидроконтрольный полуавтомат

Операция	Вид оборудования при производстве		
	единичном и мелкосерийном	серийном	крупносерийном и массовом
Обработка шпоночного паза	Горизонтально-протяжной станок или долбежный станок		
Нарезание зубьев на венце	Универсальные зубофрезерные и зубодолбежные полуавтоматы	Универсальные и производственные зубообрабатывающие полуавтоматы	Производственные зубофрезерные и зубодолбежные автоматы
Отделка зубьев термически необработанного колеса	Универсальный зубошвинговальный полуавтомат	Универсальный зубошвинговальный полуавтомат и автомат	Зубошвинговальный автомат

141. Типовой технологический процесс изготовления насадного термически обработанного зубчатого колеса

Операция	Вид оборудования при производстве		
	единичном и мелкосерийном	серийном	крупносерийном и массовом
Черновая обработка с одной стороны	Токарный или револьверный станок	Револьверный станок	Револьверный или токарный полуавтомат
Черновая и полушпоночная обработка с другой стороны	То же	То же	То же
Чистовая обработка посадочного отверстия, базовых торцов и наружного диаметра с припуском под шлифование	Токарный станок	Токарный полуавтомат или токарный станок	Токарный гидрокопировальный полуавтомат
Обработка шпоночного паза	Горизонтально-протяжной станок или долбежный станок		
Нарезание зубьев с припусками под шлифование	Универсальные зубофрезерные и зубодолбежные полуавтоматы	Универсальные и производственные зубообрабатывающие полуавтоматы	Производственные зубофрезерные и зубодолбежные автоматы
Термическая обработка колеса	Установки для объемной или поверхностной закалки		

Операция	Вид оборудования при производстве		
	единичном и мелкосерийном	серийном	крупносерийном и массовом
Шлифование наружного диаметра и торца	Круглошлифовальные полуавтоматы		
Шлифование отверстия и торца	Внутришлифовальные полуавтоматы		
Зубошлифование	Зубошлифовальные полуавтоматы с коническим, плоским и тарельчатыми кругами	Зубошлифовальные полуавтоматы с червячным кругом и профильным кругом	

Выбор технологических баз производится исходя из конфигурации зубчатого колеса и требований к его точности.

Валы-шестерни, не подвергаемые термической обработке, следует устанавливать в люнеты, базирующие деталь по посадочным шейкам, и опирать ее на торец или шейки. Для колес с модулем менее 6 мм возможно в качестве баз использовать центровые гнезда на торцах валов. Закаливаемые валы-шестерни при отделке зубьев, как правило, базируют в центрах.

Насадные зубчатые колеса с цилиндрическим гладким или шлицевым отверстием базируют по отверстию и любому опорному торцу, которые обрабатывают с одной установки детали. У колес с конусным отверстием, подвергаемых термической обработке, для операции зубонарезания сначала делают отверстие цилиндрическим и базируют колесо на него и торец, находящийся со стороны малого диаметра конуса. После термической обработки отверстие шлифуют на конус с установкой детали по нарезанному зубчатому венцу и торцу, используемому как база на предыдущей операции. Для колес среднего размера опорным торцом является торец ступицы, а для колес крупного размера — торец зубчатого венца.

При изготовлении насадных зубчатых колес со шлицевым отверстием принимают в качестве центрирующей базы внутренний диаметр шлицевого отверстия независимо от принятой системы центрирования соединения в рабочем механизме.

Требования к базовым поверхностям

Во всех случаях зубообработки для обеспечения требуемой точности зубчатого колеса технологические базы должны удовлетворять определенным требованиям по точности расположения и геометрической форме.

Опорный торец зубчатого колеса оказывает непосредственное влияние на направление зуба, поэтому с увеличением ширины венца требования к точности торца увеличиваются. В табл. 142 приведены допуски на биение базового торца колеса с делительным диаметром $d = 100$ мм, вычисленные по формуле

$$F_{\tau} = 0,5 \frac{d}{b} F_{\beta},$$

где F_{τ} — допуск на биение торца; d — делительный диаметр колеса; b — ширина зубчатого венца; F_{β} — допуск на направление зуба.

142. Допуски на биение базового торца при $d = 100$ мм

Степень точности колеса по ГОСТ 1643—72	Ширина зубчатого венца b , мм							
	до 40	40 ... 100	100 ... 160	160 ... 250	250 ... 400	400... 630	630... 1000	1000... 1250
	Допуск F_T , мкм							
3	10	5	3,2	2,5	1,9	1,3	1,1	0,8
4	12	6	4	3	2,2	1,7	1,3	1,1
5	16	8	5,1	4	2,9	2,2	1,6	1,3
6	20	10	6,4	5	3,8	2,8	2,1	1,7
7	24	12	8	6	4,5	3,4	2,6	2,2
8	40	20	12,8	10	7,1	5,5	—	—
9	64	32	20	16	12	9	—	—
10	100	50	32	25	19,2	14	—	—
11	160	80	50	40	30,4	22	—	—
12	250	125	80	60	48	36	—	—

Допуск на торцовое биение базового торца заготовки определяется умножением табличного значения на величину $d/100$ (где d — делительный диаметр заготовки) и округляется до величин нормального ряда чисел.

При использовании наружной цилиндрической поверхности заготовки для выверки на станке допуск на радиальное ее биение, приведенный в табл. 143, определяется по формуле $F_{da} = 0,6 \cdot F_r$, где F_r — радиальное биение зубчатого венца, регламентируемое ГОСТ 1643—72.

143. Допуски на радиальное биение наружной поверхности заготовки цилиндрического колеса при использовании для выверки на станке

Степень точности по ГОСТ 1643—72	Модуль m , мм	Диаметр делительной окружности d , мм								
		до 50	50... 125	125... 280	280... 560	560... 1000	1000... 1600	1600... 2500	2500... 4000	4000... 6300
		Допуск F_{da} , мкм								
3	От 1 до 2	3	4	5	6	7	8	—	—	—
	Св. 2 до 3,55	3	4	5	6	7	8	9	—	—
	Св. 3,55 до 6	3	5	6	7	8	9	10	11	—
	Св. 6 до 10	—	5	6	8	9	10	11	12	13
4	От 1 до 2	5	6	8	10	11	12	—	—	—
	Св. 2 до 3,55	6	6	8	11	12	13	14	—	—
	Св. 3,55 до 6	6	7	9	11	13	14	15	17	—
	Св. 6 до 10	—	8	10	12	14	15	17	18	20

Степень точности по ГОСТ 1643-72	Модуль m , мм	Диаметр делительной окружности d , мм								
		до 50	50... 125	125... 280	280... 560	560... 1000	1000... 1600	1600... 2500	2500... 4000	4000... 6300
		Допуск F_{da} , мкм								
5	От 1 до 2	8	10	12	17	18	19	—	—	—
	Св. 2 до 3,55	8	11	13	17	19	20	22	—	—
	Св. 3,55 до 6	9	11	14	18	20	22	24	26	—
	Св. 6 до 10	—	12	15	19	22	24	26	28	32
	Св. 10 до 16	—	14	18	22	26	28	32	34	36
	16									
6	От 1 до 2	12	15	20	24	28	30	—	—	—
	Св. 2 до 3,55	13	17	22	26	30	32	36	—	—
	Св. 3,55 до 6	14	18	24	28	32	36	38	42	—
	Св. 6 до 10	—	20	26	30	36	40	42	48	50
	Св. 10 до 16	—	22	28	34	40	45	50	56	60
	16									
7	От 1 до 2	18	22	28	38	40	42	—	—	—
	Св. 2 до 3,55	19	24	30	38	42	45	50	—	—
	Св. 3,55 до 6	20	26	32	40	45	50	56	60	—
	Св. 6 до 10	—	30	36	42	50	56	60	67	70
	Св. 10 до 16	—	32	40	48	56	67	70	75	85
	Св. 16 до 25	—	—	45	56	63	70	85	90	95
8	От 1 до 2	23	29	36	45	50	53	—	—	—
	Св. 2 до 3,55	24	30	38	48	53	56	67	—	—
	Св. 3,55 до 6	25	32	40	50	60	63	70	75	—
	Св. 6 до 10	—	36	42	53	67	70	75	85	90
	Св. 10 до 16	—	40	53	60	70	75	90	95	100
	Св. 16 до 25	—	—	53	67	80	90	100	110	120
	Св. 25 до 40	—	—	67	80	90	100	110	130	150
	Св. 40 до 56	—	—	—	95	110	120	130	150	170
	56									

Степень точности по ГОСТ 1643-72	Модуль m , мм	Диаметр делительной окружности d , мм								
		до 50	50... 125	125... 280	280... 560	560... 1000	1000... 1600	1600... 2500	2500... 4000	4000... 6300
		Допуск F_{da} , мкм								
9	От 1 до 2	29	36	45	56	63	—	—	—	—
	Св. 2 до 3,55	30	38	48	60	67	70	—	—	—
	Св. 3,55 до 6	32	40	50	63	70	75	85	—	—
	Св. 6 до 10	—	45	53	67	75	90	95	100	—
	Св. 10 до 16	—	50	60	70	85	100	110	120	130
	Св. 16 до 25	—	—	70	85	95	110	125	140	150
	Св. 25 до 40	—	—	85	100	110	125	150	160	190
	Св. 40 до 56	—	—	—	120	130	150	170	180	220

Если поверхность выступов зубчатого колеса используется при контроле размеров зубьев, то допуск на радиальное биеение наружной поверхности заготовки определяется по формуле $F_{da} = 0,25 T_n$ (где T_n — допуск на смещение исходного контура, регламентируемый ГОСТ 1643—72).

В остальных случаях, когда наружная поверхность заготовки и колеса не используется в качестве базовой, ее биеение не должно превышать значений, определяемых по формуле $F_{da} = 0,1 m$ (где m — модуль зубчатого колеса).

§ 70. Транспортные средства и загрузочные устройства зубообрабатывающих станков

Одним из мероприятий, повышающих производительность и экономичность обработки зубчатых колес, является частичная механизация и автоматизация зубообрабатывающих полуавтоматов для автономной их работы или работы в автоматических линиях. Автомат обычно предназначается для обработки одного или нескольких типоразмеров зубчатых колес, при этом конструкция транспортеров, питателей и других элементов автоматизации учитывает возможность регулирования или быстрой смены частей, переносящих заготовку. Для транспортирования заготовок в зону резания применяют транспортеры в виде диска, кольца, бесконечной ленты и другие в зависимости от условий производства.

На рис. 102 показан зубофрезерный автомат Витебского завода им. Коминтерна, изготовленный на базе зубофрезерного полуавтомата 5Б312. Заготовка в зону резания здесь подается устройством роторного типа, на диск которого заготовка устанавливается вручную. На рис. 103 показан такой же автомат, но оснащенный штыревым накопителем, обеспечивающим работу в течение нескольких часов.

На рис. 104 показан транспортер-накопитель кольцевого типа, который расположен вокруг задней стойки зубофрезерного автомата, изготовленного на базе полуавтомата 5М310. На рис. 105 показан такой же кольцевой транспортер, находящийся на специальном зубофрезерном автомате ЕЗ-105 Горьевского завода «Комсомолец». Такие транспортеры являются самыми универсальными и простыми, оснащаются сменными или регулируемыми захватами.

При встройке автомата в автоматическую линию заготовка в зону резания подается различного рода перегружателями. На рис. 106 показан зубофрезерный автомат ЕЗ-107, который оснащен перегружателем 2, снимающим заготовку с об-

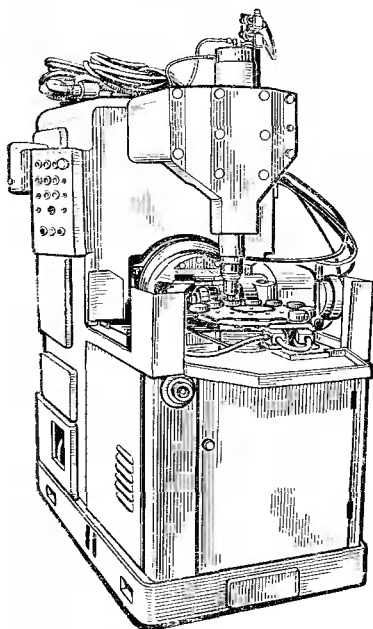


Рис. 102. Зубофрезерный автомат на базе полуавтомата 5Б312 с загрузкой роторного типа

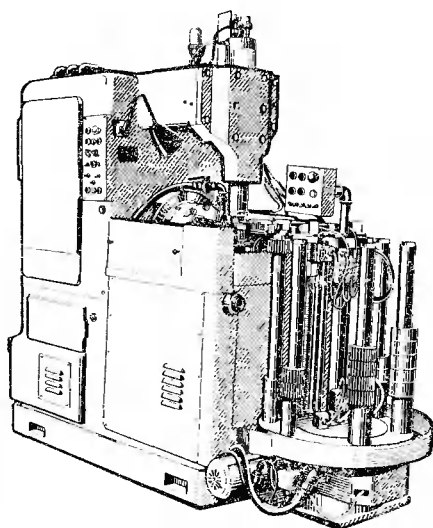


Рис. 103. Зубофрезерный автомат со штыревым накопителем

щего цехового транспортера, и укладываемую ее на кольцевой питатель 1, смонтированный вокруг задней стойки под углом 45° . После этого кольцо поворачивается и посылает заготовку в зону резания. Одновременно готовая деталь поступает в зону захвата перегружателем, откуда посылается на транспортер готовых деталей.

На рис. 107 и 108 показаны зубошестеринговые автоматы Витебского завода им. Коминтерна, изготовленные на базе универсального полуавтомата 5702В. Автоматы оснащены накопителями 1 с вертикальной (рис. 107) и горизонтальной (рис. 108) осью его поворота. Со штырем накопителя заготовки подаются в зону резания питателем 2, который также и забирает из зоны резания готовую деталь. Кроме зубофрезерных и зубошестеринговых также имеются автоматизированные

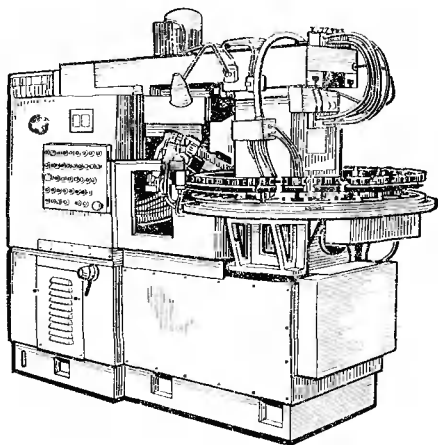


Рис. 104. Зубофрезерный автомат с транспортером кольцевого типа

вубодолбежные полуавтоматы и полуавтоматы для нарезания конических зубчатых колес с круговыми зубьями. Обслуживание автоматов обычно многостаночное. Рабочий периодически заполняет заготовками накопители и транспортеры, а также освобождает их от готовых деталей.

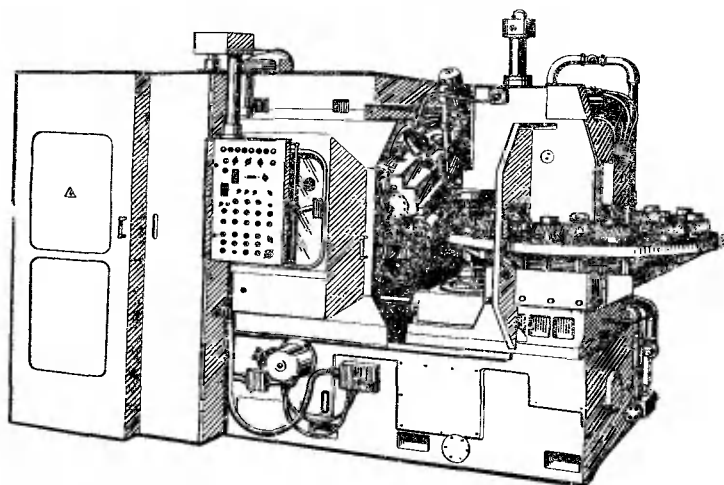


Рис. 105. Зубофрезерный автомат ЕЗ-105 с загрузкой дискового типа

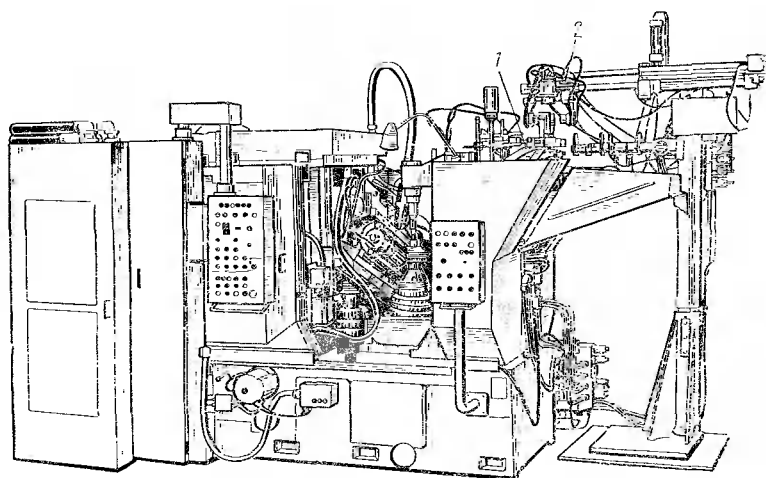


Рис. 106. Зубофрезерный автомат ЕЗ-107 с наклонным кольцевым питателем и перегружателем:

1 — питатель, 2 — перегружатель

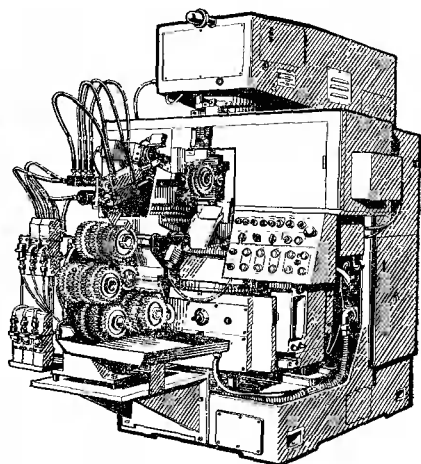
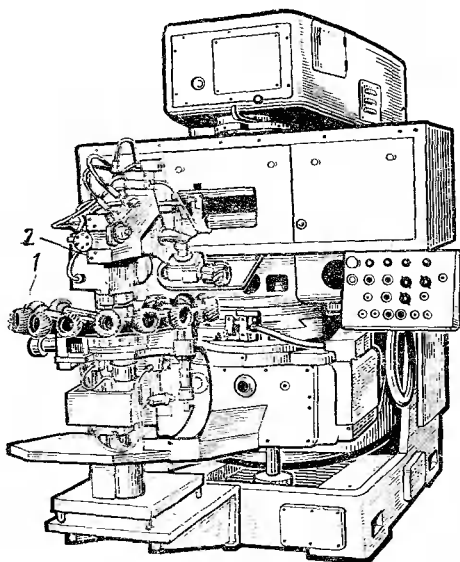


Рис. 107. Зубошеввинговальный автомат на базе полуавтомата 5702В:
1 — накопитель, 2 — питатель

Рис. 108. Зубошеввинговальный автомат с горизонтальным питателем

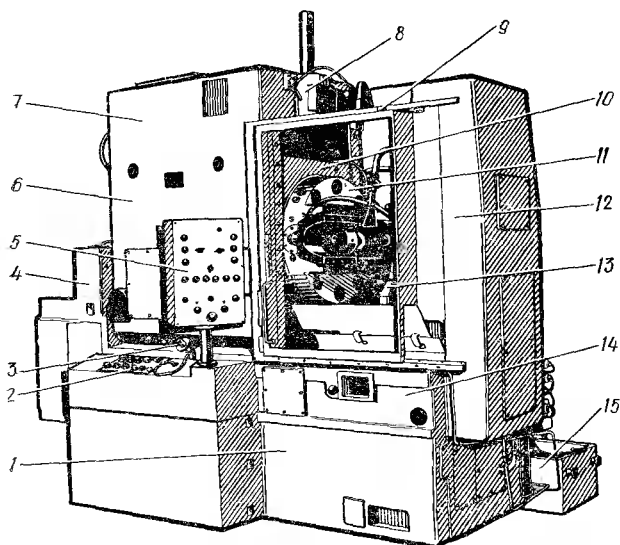


Рис. 109. Зубофрезерный универсальный полуавтомат МА70Ф4 (с ЧПУ):

1 — станина, 2 — пульт управления, 3 — микроскоп, 4 — коробка деления, 5 — пульт управления, 6 — стойка, 7 — коробка главного привода и привода осевых подач, 8 — винт подачи, 9 — дверка ограждения, 10 — каретка, 11 — суппорт, 12 — контрподдержка, 13 — шпиндель пада, 14 — стол, 15 — бак охлаждения

§ 71. Автоматизация процесса зубообработки с помощью систем числового программного управления

Совершенствование процесса нарезания зубчатых колес идет не только по пути сокращения основного технологического времени, но также по пути уменьшения времени, затрачиваемого на различные вспомогательные операции. Широкое применение электронных устройств в автоматизации технологических процессов, а также появление приводов с высоким быстродействием регулирования и большой динамической жесткостью позволило создать зубофрезерный полуавтомат, работающий от системы числового программного управления (ЧПУ).

На рис. 109 показан зубофрезерный универсальный полуавтомат МА70Ф4 с числовым программным управлением.

Основные технические данные зубофрезерного полуавтомата МА70Ф4 приведены ниже.

Наибольший диаметр устанавливаемого изделия,	
мм	320
Наибольший нарезаемый модуль, мм	6
Наибольшая ширина венца колеса, мм	200
Угол наклона зубьев	$\pm 45^\circ$
Размеры устанавливаемых фрез, мм:	
диаметр	160
длина	220
Наибольшее осевое перемещение фрезы, мм	200
Частота вращения фрезы, об/мин	60 . . . 250
Система программного управления	импульсная
Величина перемещения на один импульс, мм:	
вдоль оси изделия	0,0025
радиально к изделию	0,0025
вдоль оси фрезы	0,001
Пределы величины подач, мм/мин:	
вертикальная	1 . . . 100
радиальная	1 . . . 100
тангенциальная	0,4 . . . 100
Масса полуавтомата, т	7,0

Полуавтомат (рис. 109) состоит из станины 1, по направляющим которой перемещается стойка 6, несущая на себе коробку 7 главного привода и привода вертикальных подач с винтом подачи 8, а также каретку 10 с суппортом 11. С левого торца к станине прикреплена коробка деления 4 с приводом радиальной подачи, а на правой стороне жестко установлен стол 14 со шпинделем изделия 13. Здесь же находится контрподдержка 12.

Управление полуавтоматом осуществляется с пультов 2 и 5. Контроль положения стойки 6 в радиальном направлении производится по микроскопу 3. Зона резания полуавтомата защищена дверкой 9, передвигаемой в обе стороны.

Кинематика полуавтомата МА70Ф4 выполнена с жесткой связью в цепи деления и безгитарной настройкой кинематических связей вращения изделия и инструмента, а также вертикального, радиального и тангенциального перемещений инструмента.

Установочные перемещения полуавтомата осуществляются в зоне инструмента по следующим координатам:

X — перемещение фрезерной стойки для изменения межосевого расстояния;

Y — перемещение суппорта вдоль оси изделия;

Z — перемещение фрезерной каретки вдоль оси инструмента;

W — вращение дифференциала;

V — вращение главного привода.

Все приводы в полуавтомате выполнены на двигателях, передающих вращение на червячные передачи и ходовые винты конечных элементов. Перемещения, осуществляемые от этих двигателей, дискретны (т. е. прерывистые, состоя-

щие из отдельных макроперемещений). Величина одной такой части по координатам X и Y составляет 0,0025 мм, а по координате Z — 0,001 мм.

Полуавтомат МА70Ф4 работает по автоматическому циклу с управлением от пятикоординатной системы ЧПУ, одновременно работающей по трем координатам. Циклом работы полуавтомата управляет система ЧПУ от постоянных программ памяти системы, в которой заложены три основных цикла: 1 — обработка косозубого колеса с радиальным врезанием за два рабочих хода, 2 — обработка прямозубого блока, состоящего из двух зубчатых колес, 3 — обработка червячного колеса с радиальным врезанием и протяжкой инструмента вдоль его оси. Параметры заготовки, инструмента, величины перемещений и режимы резания вводятся в программу обработки вручную на пульте. На базе основных циклов могут быть получены упрощенные циклы в результате исключения величин некоторых перемещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адам Я. И., Овумян Г. Г. Справочник зубореза. — М.: Машиностроение, 1971.
2. Аршинов В. А., Алексеев Г. А. Резание металлов и металлорежущий инструмент. — М.: Машиностроение, 1975.
3. Бушуев В. В., Налетов С. П. Тяжелые зубообрабатывающие станки. — М.: Машиностроение, 1978.
4. Кедринский В. Н., Писемник К. М. Станки для конических зубчатых колес. — М.: Машгиз, 1967.
5. Кондюрин В. А. Инструкция по выбору режимов шлифования конических колес с круговыми зубьями. — М.: ЭНИМС, 1968.
6. Измерительный инструмент и приборы: Каталог. — М.: НИИмаш, 1976.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 2. Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбонакатные и отрезные станки. — М.: Машиностроение, 1974 (ЦБПТН при НИИ труда).
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для нормирования работ по нарезанию зубьев крупномодульных колес: Мелкосерийное и единичное производство. — М.: Машгиз, 1966.
9. Петрик М. И., Шишков В. А. Таблицы для подбора зубчатых колес. — М.: Машиностроение, 1973.
10. Производство зубчатых колес: Справочник/Под ред. Б. А. Тайца. — М.: Машиностроение, 1975.
11. Сильвестров Б. Н., Захаров И. Д. Конструкции и наладка зуборезных и резьбофрезерных станков. — М.: Высшая школа, 1979.
12. Справочник металлста. Т. 3/Под ред. А. Н. Малова. — М.: Машиностроение, 1977.
13. Хлебалин Н. Ф. Нарезание конических зубчатых колес. — Л.: Машиностроение, 1978.
14. Хлебалин Н. Ф. Расчет наладочных установок станков для нарезания конических колес с круговыми зубьями. — М.: ЭНИМС, 1975.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Основные сведения о зубчатых колесах и зубонарезании . . .	4
§ 1. Виды зубчатых передач	4
§ 2. Эвольвентное зацепление зубчатых колес	6
§ 3. Способы и схемы обработки цилиндрических зубчатых колес . . .	9
§ 4. Способы и схемы обработки червячных колес и червяков	14
§ 5. Способы и схемы обработки конических зубчатых колес	19
Глава II. Нарезание зубьев цилиндрических колес на зубофрезерных станках	23
§ 6. Технические данные зубофрезерных станков	23
§ 7. Инструмент для фрезерования цилиндрических зубчатых колес . .	24
§ 8. Основные части и настройка зубофрезерного производственного полуавтомата 53A13	29
§ 9. Основные части и настройка зубофрезерного полуавтомата 5B312	36
§ 10. Основные части и настройка зубофрезерного универсального полуавтомата 53A50	38
§ 11. Основные части и настройка тяжелого зубофрезерного полуавтомата 5A342П	42
§ 12. Режимы обработки при зубофрезеровании	46
§ 13. Причины брака при зубофрезеровании и способы его устранения . .	55
Глава III. Нарезание червячных колес и червяков на зубофрезерных станках	57
§ 14. Технические данные станков	57
§ 15. Инструмент для нарезания червячных колес и червяков	57
§ 16. Основные части и настройка зубофрезерного мастер-станка 543 для делительных червячных колес	60
§ 17. Основные части и настройка полуавтомата 547Б для нарезания глобоидных червячных пар	63
§ 18. Режимы обработки при нарезании червячных колес	66
§ 19. Причины брака при нарезании червячных колес и способы его устранения	68
Глава IV. Нарезание зубьев цилиндрических колес на зубодолбежных станках	69
§ 20. Технические данные зубодолбежных станков	69
§ 21. Инструмент для зубодолбления	72
§ 22. Основные части и настройка вертикального зубодолбежного полуавтомата 5122	73
§ 23. Основные части и настройка зубодолбежного полуавтомата 5A130, работающего резцовой головкой	76
§ 24. Режим обработки при зубодолблении	80
§ 25. Причины брака при зубодолблении и способы его устранения . .	83
Глава V. Шевингование и хонингование зубьев цилиндрических колес . .	85
§ 26. Технические данные зубошевинговальных и зубохонинговальных станков	85
§ 27. Инструмент для шевингования и хонингования зубьев	85
§ 28. Основные части и настройка горизонтального зубошевинговального полуавтомата 5702В	89

§ 29. Основные части и настройка вертикального зубохонинговального полуавтомата 5А915	93
§ 30. Режимы обработки при зубошвинговании и зубохонинговании	95
§ 31. Причины брака при зубошвинговании и способы его устранения	98
Глава VI. Шлифование зубьев цилиндрических колес	100
§ 32. Технические данные зубошлифовальных станков	100
§ 33. Инструмент для шлифования цилиндрических зубчатых колес	101
§ 34. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5В833 с червячным шлифовальным кругом	105
§ 35. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5А841 с коническим шлифовальным кругом	107
§ 36. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5853 с двумя тарельчатыми шлифовальными кругами	109
§ 37. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5А893С с плоским шлифовальным кругом	111
§ 38. Режимы обработки при зубошлифовании	113
§ 39. Причины брака при зубошлифовании и способы его устранения	117
Глава VII. Закругление торцов зубьев цилиндрических колес	119
§ 40. Технические данные зубозакругляющих станков	119
§ 41. Инструмент для зубозакругления	120
§ 42. Основные части и настройка зубозакругляющего полуавтомата 5Н580	120
§ 43. Режимы обработки при зубозакруглении	122
Глава VIII. Нарезание шлицевых валов на шлицефрезерных станках	123
§ 44. Технические данные шлицефрезерных станков	123
§ 45. Инструмент для нарезания шлицев	124
§ 46. Основные части и настройка шлицефрезерного универсального полуавтомата 5350А	125
§ 47. Основные части и настройка специального шлицефрезерного полуавтомата МП300	128
§ 48. Режимы обработки при шлицефрезеровании	130
§ 49. Причины брака при шлицефрезеровании и способы его устранения	132
Глава IX. Нарезание зубьев конических колес на зубострогальных, зубофрезерных и зуборезных станках	133
§ 50. Технические данные станков для нарезания конических колес	133
§ 51. Инструмент для нарезания конических колес	134
§ 52. Основные части и настройка зубострогального полуавтомата 5236П для конических прямозубых колес	138
§ 53. Основные части и настройка зубофрезерного полуавтомата 5С267П для конических прямозубых колес	141
§ 54. Основные части и настройка зуборезного полуавтомата 527В для конических колес с круговыми зубьями	145
§ 55. Режимы обработки при нарезании конических колес	149
§ 56. Причины брака при обработке конических зубчатых колес и способы его устранения	154
Глава X. Шлифование зубьев конических колес	156
§ 57. Технические данные зубошлифовальных станков для конических колес	156
§ 58. Инструмент для шлифования конических зубчатых колес	156
§ 59. Основные части и настройка зубошлифовального полуавтомата 5А870В для конических колес с круговыми зубьями	158
§ 60. Режимы обработки при шлифовании зубьев конических колес	161
§ 61. Причины брака при шлифовании зубьев конических колес и способы его устранения	162
Глава XI. Контроль зубчатых колес	163
§ 62. Общие сведения о контроле зубчатых колес	163
§ 63. Измерительные средства для контроля зубчатых колес	168
§ 64. Контроль кинематической точности зубчатых колес	171

	Стр.
§ 65. Контроль плавности работы зубчатых колес	174
§ 66. Контроль контакта зубчатых колес	174
§ 67. Контроль размеров зубьев и бокового зазора зубчатых колес .	177
§ 68. Контроль шероховатости поверхности зубьев	181
Глава XII. Технологический процесс и технические средства механизации и автоматизации производства зубчатых колес	182
§ 69. Типовой технологический процесс обработки зубчатых колес .	182
§ 70. Транспортные средства и загрузочные устройства зубообра- батывающих станков	190
§ 71. Автоматизация процесса зубообработки с помощью систем чис- лового программного управления	194
Литература	196

Борис Николаевич Сильвестров

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЗУБОРЕЗЧИКА

Научный редактор А. И. Плужников. Редактор Е. Б. Коноплева. Обложка
художника В. М. Боровкова. Художественный редактор В. П. Спирова,
Технический редактор Н. В. Яшукова. Корректор Р. К. Косинова

ИБ № 2814

Изд. № М-142. Сдано в набор 12.05.81. Подп. в печать 04.11.81.
Т-25981. Формат 60×90¹/₁₆ Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Объем 12,5 усл. печ. л. 12,75 усл. кр.-отт. 11,89 уч.-изд. л.
Тираж 35 000 экз. Зак. № 1845. Цена 60 коп.

Издательство «Высшая школа»,
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
Хохловский пер., 7