



А. В. ЭРВАЙС

**ЮСТИРОВКА И РЕМОНТ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

М А Ш Г И З

А. В. ЭРВАЙС

ЮСТИРОВКА  
И РЕМОНТ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ  
МАШИН



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1960

Книга содержит краткий обзор наиболее рациональных современных конструкций концевых измерительных машин для контроля длин, а также методы и средства ремонта и юстировки измерительных машин, которые являются наиболее типичными для данной группы приборов и применяются в машиностроении.

Книга предназначена для механиков-юстировщиков юстировочно-ремонтных заводских и базовых мастерских, работников измерительных лабораторий и цеховых контрольных пунктов, а также для лиц, изучающих юстировку и ремонт оптико-механических приборов.

Рецензент канд. техн. наук **М. И. Коченов**

---

*Редакция литературы по металлообработке и станкостроению  
Зав. редакцией инж. В. И. МИТИН*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Измерительные машины производятся в СССР и в ряде зарубежных стран. Машины различаются между собой по конструкции, но по назначению и методу измерений идентичны. Наиболее широкое распространение получили измерительные машины, выпускаемые в СССР и в ГДР (Цейсс).

Широко применяются также машины, выпускаемые фирмой SIP (Швейцария). Измерительные машины Цейсс и SIP были ранее завезены в СССР и применяются на многих предприятиях и в институтах машиностроительной промышленности. За последние годы число измерительных машин, применяемых в машиностроении, значительно увеличилось. В результате возникла необходимость в методическом руководстве при юстировке и ремонте измерительных машин, что и является основной задачей настоящей книги.

В книге излагаются методы поверки, юстировки и ремонта измерительных машин и необходимые для этого технические средства и производственные условия, а также сведения, необходимые при эксплуатации машин. Все это рассматривается применительно к конструкциям измерительных машин, выпускаемых в нашей стране (ИЗМ) и в ГДР (Цейсс). Однако изложенная методика и указанные в книге средства могут быть использованы для юстировки и ремонта других типов измерительных машин.

Материалы, излагаемые в книге, могут найти применение на машиностроительных заводах, в институтах и юстировочных базах, обслуживающих определенные ведомства или отдельные экономические районы страны.

В начале книги освещаются конструкции основных типов современных измерительных машин, наиболее широко применяемых в отечественной и зарубежной машиностроительной промышленности. В книге не рассматриваются другие машины,

выпускаемые за рубежом, которые не обладают достаточно высокими метрологическими качествами.

Нормы точности и некоторые другие технические данные, встречающиеся в книге, соответствуют ГОСТу и инструкциям Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР (Комитета) по поверке измерительных средств в машиностроении.

---

## 1. ТИПЫ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Концевые измерительные машины применяются в машиностроении для точных измерений плоскопараллельных концевых мер длины, нутромеров жестких и микрометрических (штих-масов), гладких цилиндрических калибров-пробок и колец, среднего диаметра резьбовых цилиндрических и конических калибров и др. Измерительные машины, получившие наибольшее распространение в промышленности, можно разделить на три основных типа:

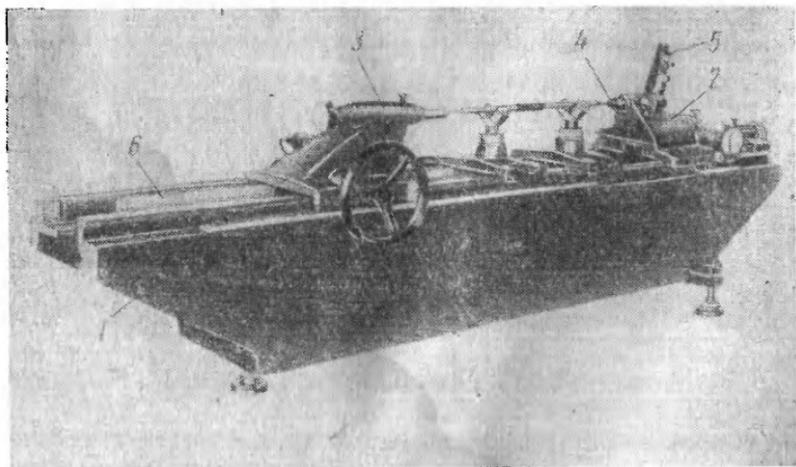
- 1) машины с неподвижной штриховой мерой и оптическим отсчетным устройством;
- 2) машины с подвижной штриховой мерой и оптическим и механическим отсчетными устройствами;
- 3) машины бесшкальные, имеющие механическое или оптическое отсчетное устройство с шаговым методом отсчета измерений.

Наиболее распространенной конструкцией измерительных машин, построенных по первому типу, является конструкция концевой оптической измерительной машины, показанная на фиг. 1.

На станине 1 перемещаются две бабки: измерительная 2 и пинольная 3. Вдоль станины последовательно расположены две оптические штриховые шкалы: стомиллиметровая, с ценой деления равной 0,1 мм, и дециметровая. Дециметровая шкала представляет собой стальную линейку 6 со стеклянными пластинами, на которые нанесены биссекторы (два близко расположенных друг к другу параллельных штриха). Расстояние между осями, проведенными через середины биссекторов, а также между нулевым биссектором и нулевым штрихом миллиметровой шкалы равно 100 мм.

Дециметровый интервал перекрывается стомиллиметровой штриховой шкалой. В свою очередь, интервалы в 0,1 мм стомиллиметровой шкалы перекрываются шкалой трубки оптиметра 4 с пределами измерения  $\pm 0,1$  мм. Миллиметровая шкала оцифрована через 1 мм, а дециметровая — через 1 дм. Отсчетный микроскоп 5 и объективы пинольной и измерительной бабок позволяют совмещать изображение штрихов дециметровой шкалы с изображением штрихов миллиметровой

шкалы. Измерительная и пинольная бабки связаны с оптической системой машины таким образом, что при совмещении изображений штрихов дециметровой и миллиметровой шкал расстояние между измерительными наконечниками равно сумме длин, отсчитанных по обеим шкалам в метрах (у машины для длин более 1 м), дециметрах и миллиметрах, и отсчитанных по шкале трубки оптиметра в сотых и тысячных долях миллиметра. При помощи трубки оптиметра достигается также постоянство измерительного усиления.



Фиг. 1. Конецвая измерительная машина

В машине этого типа не соблюден принцип Аббе — наивыгоднейшего расположения шкал относительно оси измерения. Здесь метровая и миллиметровая шкалы расположены параллельно оси измерения и находятся не в одной плоскости с ней, а несколько ниже (приблизительно на 160 мм). Однако, это отклонение от принципа Аббе компенсируется оптической системой машины, рассчитанной и устроенной таким образом, что неизбежные наклоны бабок при движении их по станине (вследствие непрямолинейности направляющих станины) вызывают погрешности измерений второго порядка, почти как и в случае полного соблюдения принципа Аббе. Это достигается за счет параллельности направления лучей, проходящих через объективы пинольной и измерительной бабок, а также за счет того, что ось измерения расположена от фокальной плоскости объективов на их двойном фокусном расстоянии, или на их фокусном расстоянии от плоскости шкал и параллельна фокальной плоскости обоих объективов. По оси измерения расположены узловые точки объективов, свойства которых заключаются в неизменности направления выходящих из них лучей. При наклоне оптической системы (совместно с бабкой) на не-

большой угол относительно узловой точки, лучи получают лишь параллельный сдвиг, а положение двойного штриха остается при этом неизменным.

Оптическая система этой машины обеспечивает резкость изображения двойных штрихов любого интервала дециметровой шкалы независимо от расстояния (в принятых для прибора пределах измерения), на котором установлены обе бабки друг от друга. Оптическая схема, принятая в данной машине, обуславливает сравнительно небольшую длину станины.

Второй тип измерительных машин характеризуется расположением вдоль станины через полметра отсчетных микроскопов с окулярными микрометрами с ценой деления равной  $0,001$  мм. На станине размещена полуметровая штриховая шкала с ценой деления равной  $1$  мм. Машина снабжена рычажным отсчетным устройством и, в отдельных случаях, микрометрической парой. Рычажное устройство служит также для стабилизации измерительного усилия и для отсчетов величин отклонений при сравнительных измерениях. Такого типа машины выпускаются швейцарской фирмой SIP.

Третий тип машин отличается бесшкальным шаговым методом измерений. Эти машины имеют станину с бабками, на одной из которых смонтировано отсчетное устройство: трубка оптиметра, микрокатор или рычажно-зубчатая головка (микромер) с ценой деления равной  $1$  мк. Установка машины на размер производится шаговым методом по концевой мере малого размера. Такого типа машины были изготовлены в СССР.

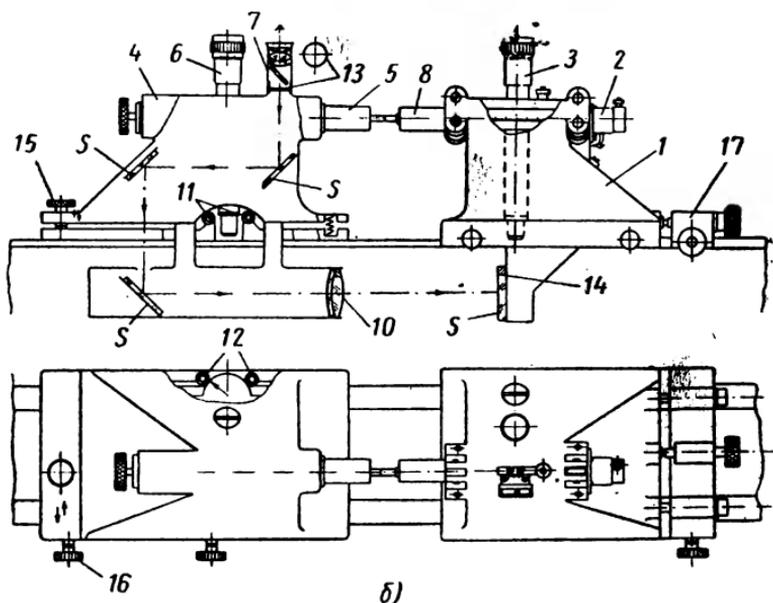
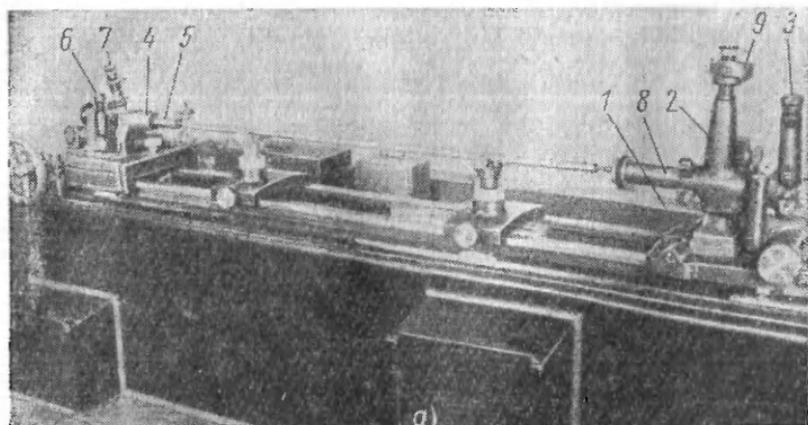
Первые два типа предназначены для относительных и абсолютных измерений, третий тип — только для относительных измерений.

## 1. Измерительная машина ВНИИМ

На базе первого типа машин ВНИИМом [5], [6] создана концевая оптическая измерительная машина для измерений длин до  $12$  м (фиг. 2). Основание машины, выполненное из двутавровых балок № 45, жестко связанных между собой, покоится на опорах, одна из которых в случае деформаций, связанных с изменением температуры, может свободно перемещаться. На основание установлена станина, состоящая из трех звеньев. Два звена находятся на опорах, позволяющих при монтаже перемещать станину в горизонтальной и вертикальной плоскостях. У каждого звена станины одна из опор допускает (при температурных изменениях) необходимое перемещение массы станины в осевом направлении.

На правом звене станины находится измерительная бабка 1 (фиг. 2, а и б), на которой смонтированы измерительная головка 2 нормального оптического длиномера  $\delta$ , и установочный микроскоп 3, по которому производится установка бабки

на один из девяти интервалов дециметровой шкалы, расположенной на этом звене станины. Совместно с измерительной бабкой перемещается кронштейн 17 с микрометрическим узлом (фиг. 2, б). При помощи кронштейна бабка может закреп-



Фиг. 2. Концевая измерительная машина ВНИИМ:  
 а — общий вид; б — автоколлимационное устройство

ляться в любом интервале дециметровой шкалы и перемещаться микрометрическим винтом. На двух других звеньях (с левой стороны станины) расположена метровая шкала, состоящая из одиннадцати метровых интервалов. По этому участку станины перемещается пинольная бабка 4 (фиг. 2), в которой находятся: обычная трубка пинולי 5, установочный микроскоп 6, подобный

микроскопу 3 и автоколлимационное устройство со зрительной трубой 7.

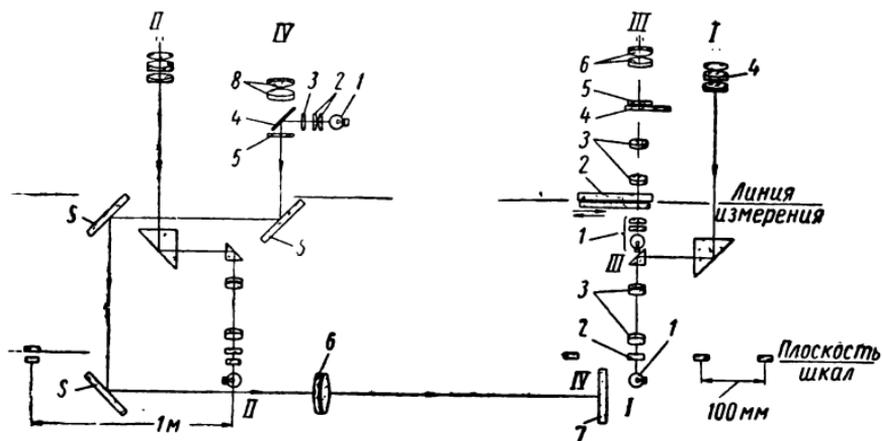
По двум шкалам (метровой и дециметровой) при помощи установочных микроскопов измерительная и пинольная бабки устанавливаются на целое число метров и дециметров. Дополнительный размер в миллиметрах отсчитывается по миллиметровой шкале, размещенной в пиноле длиномера 8, а отсчет сотых и тысячных долей миллиметра производится по спиральному окулярному микрометру 9 с ценой деления равной 0,001 мм.

На фиг. 2,6 показано автоколлимационное устройство, предназначенное для устранения погрешности измерений, возникающей от наклона бабок вследствие непрямолинейности направляющих станины. Оно позволяет снизить требования к точности выполнения направляющих станины сравнительно большой длины. При помощи автоколлиматора пинольная бабка после перемещения ее на станине выравнивается относительно оси измерения и измерительных наконечников в исходное положение. Зеркала *S* автоколлиматора, преломляющие и удлиняющие ход лучей, смонтированные в корпусе пинольной бабки, дают возможность при малых габаритах трубы коллиматора достигать высокой чувствительности (фокусное расстояние объектива равно 800—1000 мм). Снизу бабки на кронштейне закреплен коллимационный объектив 10. Бабка может поворачиваться на опорных шарнирах 11 и 12 вокруг осей: совпадающей с плоскостью штрихов дециметровой шкалы и перпендикулярной плоскости этой шкалы. Изображение креста окулярной сетки 13 отражается от зеркала 14, закрепленного на измерительной бабке и наблюдается в окуляр в фокальной плоскости трубы 7 автоколлиматора. Вращая установочные винты 15 и 16, совмещают нити креста окулярной сетки 13. Это должно соответствовать строго определенному положению наконечника пинольной бабки относительно наконечника измерительной бабки.

Перед измерением устанавливают бабки по установочным микроскопам в нулевое положение и совмещают нити креста автоколлиматора. Затем бабку 4 перемещают на установленный размер по шкале и в случае смещения нитей креста автоколлиматора снова совмещают их. Затем производят микроподачей окончательную установку на размер по микроскопу 6 и приступают к измерениям.

Общая оптическая схема измерительной машины конструкции ВНИИМ, показанная на фиг. 3, состоит из четырех самостоятельных оптических систем. Ось оптической системы дециметровой шкалы проходит по направлению *I—I*. Лучи от осветителя 1 (лампа, конденсор и зеленый светофильтр) освещают биссекторы 2 дециметровой шкалы, проходят объектив 3 и призмы. Изображение биссекторов наблюдается в окуляре 4. Опти-

оческая система метровой шкалы (направление II—II) аналогична с системой дециметровой шкалы. В оптической системе измерительной головки (направление III—III) луч от осветителя 1 (лампа, светофильтр, конденсор) проходит миллиметровую шкалу 2, плоскость штрихов которой находится на оси измерения, объектив 3, пластину со спиральной сеткой 4 и шкалу 5 с ценой деления 0,1 мм. Изображения шкалы 2 и сеток 4 и 5 наблюдаются в окуляр 6. Оптическая система автоколлиматора расположена по направлению IV—IV. Лучи от лампы 1 про-



Фиг. 3. Оптическая схема машины ВНИИМ

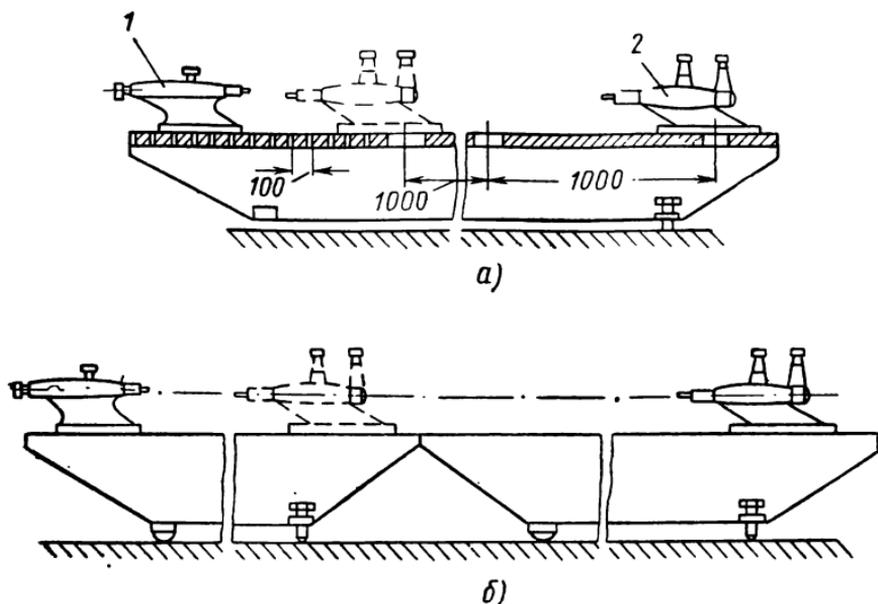
ходят конденсор 2, зеленый светофильтр 3, зеркало 4, сетку 5 с крестом, три зеркала S и коллимационный объектив 6. Изображение креста отражается зеркалом 7 и, возвращаясь по тому же направлению, проектируется на сетку 5 и в окуляр 8 автоколлиматора.

Как видно из схемы (фиг. 3), оптические системы измерительной и пинольной бабок машины ВНИИМ лишены взаимосвязи, имеющейся на других оптических концевых измерительных машинах (отечественной и Цейсса). Это могло служить источником значительных погрешностей измерений, связанных с неточностью выполнения направляющих станины, и было бы тем более ощутимым, что в конструкции нарушен принцип наилучшего расположения шкал относительно оси измерения (принцип Аббе). Однако наличие автоколлимационного устройства на измерительной машине ВНИИМ устраняет возможность возникновения погрешностей от перекоса бабок в двух плоскостях. Оптическая система других измерительных машин устраняет погрешности от перекоса бабок только в одной плоскости.

Принцип, заложенный в конструкцию машины ВНИИМ, нашел отражение в ряде машин, созданных силами некоторых отечественных заводов для измерения длин от 2 м и более.

## 2. Многометровая измерительная машина с упрощенной оптикой

С целью упрощения конструкции измерительной машины и увеличения пределов измерений на Ленинградском металлургическом и других заводах изготовлена многошкальная измерительная машина с упрощенной оптикой (фиг. 4) [4]. На станине машины помещена шкала с дециметровыми интервалами на длине 1000 мм и шкала с метровыми интервалами. Через



Фиг. 4. Многошкальная концевая измерительная машина

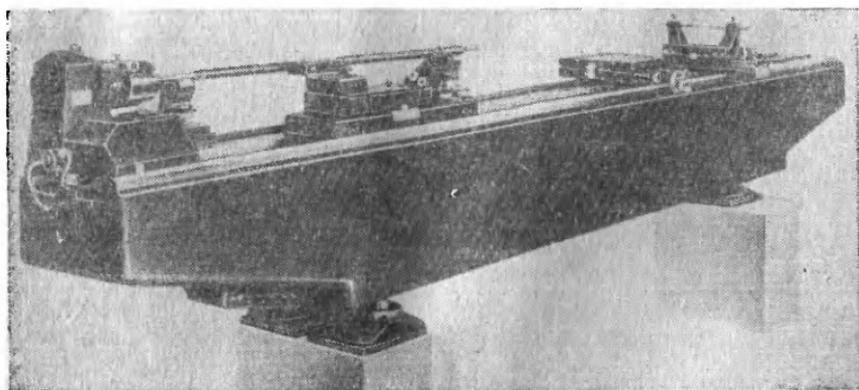
каждый метр установлена миллиметровая шкала с ценой деления равной 0,1 мм. Пинольная бабка 1 (фиг. 4, а) перемещается только в пределах дециметровой шкалы, а измерительная бабка 2 устанавливается над миллиметровой шкалой нужного метрового интервала (в зависимости от длины измеряемой меры). Такая конструкция машины обладает достоинствами, упрощающими условия поверки машины большой длины, и создает возможность расширения пределов измерения простым сочетанием станин нужной длины, с установленными на них стомиллиметровыми шкалами (фиг. 4, б).

## 3. Новая универсальная измерительная машина Цейсс (ГДР)

Народным предприятием Цейсс в ГДР выпускаются новые измерительные машины, область применения которых значительно шире, чем у ранее выпускавшихся моделей машин этого предприятия (фиг. 5).

На новой машине можно измерять нутромеры, наружные и внутренние размеры гладких калибров-пробок и колец, скобы, резьбовые калибры, шаг и профиль резьбы ходовых винтов, шаг и профиль зуба зубчатых реек, а также штриховые меры путем сравнения с точной штриховой шкалой, встроенной в машину.

В этой машине имеются отдельные направляющие, на которые устанавливается измеряемое изделие, что позволяет измерительному устройству перемещаться вдоль изделия. Машина снабжена оптико-механическим (трубка с оптическим ры-



Фиг. 5. Новая модель измерительной машины Цейсс

чагом) и механическими отсчетными устройствами. На машине возможны контактные и неконтактные измерения методами осевого сечения или теньвым.

Ходовые винты контролируются при помощи измерительного наконечника с шаровой измерительной поверхностью. Измерение может вестись раздельно по правому и левому профилю резьбы. При помощи соединительной муфты образцовый винт, при необходимости, соединяется с измерительным устройством. При этом возможно определение ошибки шага на любом участке винта, ошибки в пределах одного шага, а также накопленной ошибки шага на любом участке винта.

Для определения внутришаговой ошибки винта служит аттестованный многогранник с 12 доведенными зеркальными гранями. Многогранник закрепляют на измеряемом изделии и используют в сочетании с автоколлиматором, имеющим окулярный микрометр с ценой деления равной 0,5 сек. Это устройство нечувствительно к перекосам кареток, что позволяет точно определять углы поворота многогранника.

Встроенная в машину линейная штриховая мера разделена через 0,1 мм. Отсчет долей микрона производится при абсолютном методе измерения по клиновому микрометру, а при отно-

сительном методе измерения — по оптико-механическому отсчетному устройству.

Станина прибора имеет (как и у других машин) три регулируемые опоры. Управление световыми устройствами прибора сконцентрировано на станине в одном месте. Прибор снабжен массивным столом с плавающей рабочей поверхностью, поперечными центрами с микрометрическим устройством и призматическими опорами (люнетами). Новая универсальная машина является более прогрессивной по сравнению с машинами ранее рассмотренными. Однако опыта работы с этими измерительными машинами у нас еще нет.

Ниже приводится техническая характеристика этой машины:

Длина стеклянной и металлической шкал в мм . . . . .	100
Цена деления стеклянной шкалы в мм . . . . .	0,1
Цена деления окулярного микрометра в мм . . . . .	0,001
Цена деления угломерной окулярной головки в мин.	1
Цена деления револьверной окулярной головки в мин.	10
<b>Пределы измерений:</b>	
наружных размеров; шага ходовых винтов;	
штриховых мер в мм . . . . .	0—3000
внутренних размеров в мм . . . . .	30—2850
углов угломерным установочным устройством в град.	3—360
угломерной окулярной головкой в град . . . . .	3—360
револьверной окулярной головкой в град. . . . .	± 7
<b>Пределы измерения при работе в центрах в мм:</b>	
для длин до 140 мм . . . . .	160
для длин до 200 мм . . . . .	200
<b>Наибольший измеряемый диаметр отверстия при работе на большом столе в мм . . . . .</b>	<b>350</b>
<b>Наибольший измеряемый диаметр наружный и внутренний при работе на малом столе в мм . . . . .</b>	<b>150</b>
<b>Наибольший диаметр штихмаса, установленного на люнеты в мм . . . . .</b>	<b>60</b>
<b>Наибольший диаметр измеряемого ходового винта в мм . . . . .</b>	<b>100</b>
<b>Измерительное усилие при внутренних и наружных измерениях в гс . . . . .</b>	<b>200 ± 50</b>

#### 4. Измерительные машины фирмы SIP (Швейцария)

Фирмой SIP выпускаются измерительные машины с точной передвижной штриховой мерой длиной до 500 мм и с отсчетными микроскопами, расположенными на станине, на расстоянии друг от друга равном длине штриховой меры. Штриховая шкала имеет H-образное сечение с коэффициентом линейного расширения равным  $11,5 \cdot 10^{-6}$ . Гарантируемая фирмой, точность нанесения делений шкалы лежит в пределах 0,1 мк.

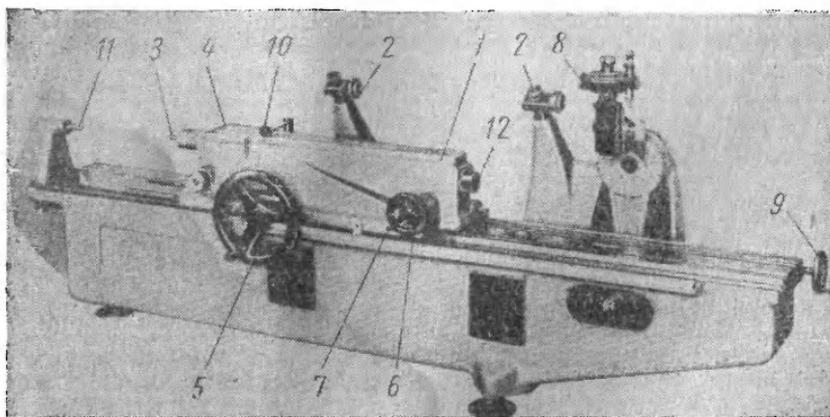
В машине SIP полностью соблюден компараторный принцип Аббе.

В такой конструкции возможно использование штриховой меры машины при измерении сравнительно больших размеров,

при этом, в некоторой степени используется шаговый метод измерения.

Наиболее современной машиной, выпускаемой фирмой SIP, является машина модели MUL-1000 (фиг. 6). На этой машине, помимо обычных измерений длин, можно производить измерения элементов резьбовых калибров (шага, угла профиля, среднего диаметра и др.).

Существенным отличием машины мод. MUL-1000 от ранее выпускаемых моделей фирмы SIP является отсутствие микрометрического измерительного устройства. Определение размеров



Фиг. 6. Новая модель измерительной машины SIP

осуществляется непосредственно по миллиметровой образцовой штриховой мере, помещенной в бабку 1, и отсчетному микроскопу 2 с окулярным микрометром. Постоянство измерительного усилия обеспечивается подпружиненным измерительным стержнем 3, перемещающимся на шариках, а также рычажным устройством 4 с передаточным отношением 1 : 1000, помещенным в бабке. По шкале рычажного устройства производят также отсчет величин отклонений проверяемого изделия от образцовой меры и определяют погрешности геометрических форм измеряемых деталей (овальность, конусность и др.).

Бабка со шкалой перемещается по станине (на шарикоподшипниках) при помощи маховика 5, сидящего на одной оси с зубчатым колесом, зацепленным с рейкой, закрепленной на станине. Этим достигается предварительная (грубая) установка бабки на размер. После ее закрепления (рукояткой 10) точная установка бабки производится маховичком 6 микрометрической подачи (червячная пара). Грубое перемещение бабки отсчитывается по вспомогательной миллиметровой шкале 7.

Кронштейн с угломерным микроскопом 8 можно наклонять маховиком 9 относительно вертикальной оси на угол  $\pm 10^\circ$ , что обеспечивает направление оптической оси соответственно углу

подпема проверејом резбѣ. Осветително уређајство закреплено внизу кронштейна, вследствие чега оптичке осе осветитеља и микроскопа при наклону не смећају се односно друг друга. Угломерни и отсчетне микроскопи снабђени индивидуалним осветљењем (через зелене светофилтри) посредством ламп накаливанија напругом у 4,5 в. Питају се лампе от трансформатора 127—220 в, вмонтираног у станину.

Окуларна глава угламерног микроскопа има две лежаче друг под другом стаклание пластине с расположеном накрест по дијаметру пунктирним нитима. Једна пластина предначињена за мерење углова и враћа се при помоћи главе с накатком. Величине углова одређују се по скали окуларне главе с величином отсчета по нониусу. Друга штрихована пластина враћа се заједно с окуларном главом маховичком с накатком. Она примењује се при мерењу кора резбе.

Машина снабђена додатним сјемним измерителним уређајима. Главни из њих:

1) **Поперечни центри** за контролу средњег дијаметра резбе. Центри устанављују се између **жестким 11** и **покретним 3** измерителним стержњима бабок. Највеће растојање између центара 250 мм, најмање 40 мм, висина центара 62 мм.

2) **Продолжни центри**, које припојују се к патрубку 12 бабке са стране, супротном измерителном стержњу. Основа центара опира се на ролике и помера се у попречном правцу. Растојање између центара: највеће 125 мм, најмање 40 мм, висина центара 62 мм.

3) **Универзални стол** с димензијама радне поврхине 140×180 мм. Највећа висина мерење детаља на столу 56 мм. Стол може поворачивати се у хоризонталној равни на угао ±5°.

4) **Припојница с центрима** за контролу конуса. Највеће растојање између центара 350 мм, најмање 34 мм, максимални мерењив дијаметар 65 мм, величина попречног хода 210 мм.

5) **Делително припојница и V-образне лонете.**

6) Ниже привођу се техничка карактеристика измерителне машине фирме SIP моделе MUL-1000:

Предела мерења с десним измерителним микроскопом у мм . . . . .	0—509
То же с левим измерителним микроскопом у мм . . . . .	509—1017
Цена деленија примерне скале у мм . . . . .	1,0
Цена деленија по барабану окуларног микрометра у мм . . . . .	0,001
Величина најмањег отсчета у мм . . . . .	0,0001
Увеличење измерителног микроскопа . . . . .	50×
Шаг микрометричког винта окуларног микрометра у мм . . . . .	0,1

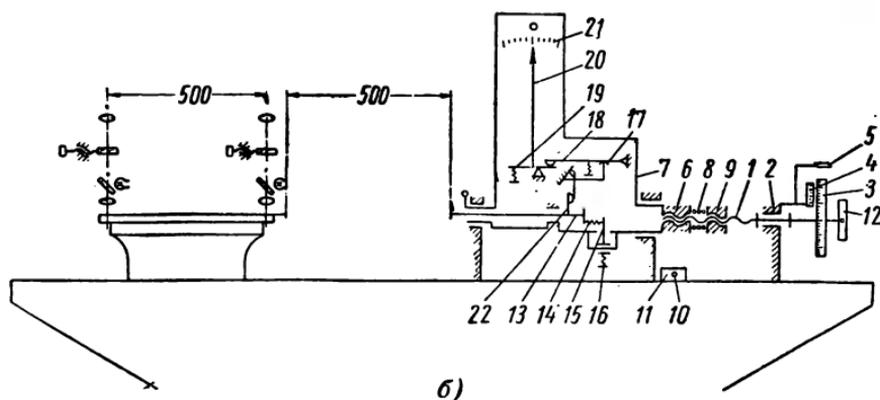
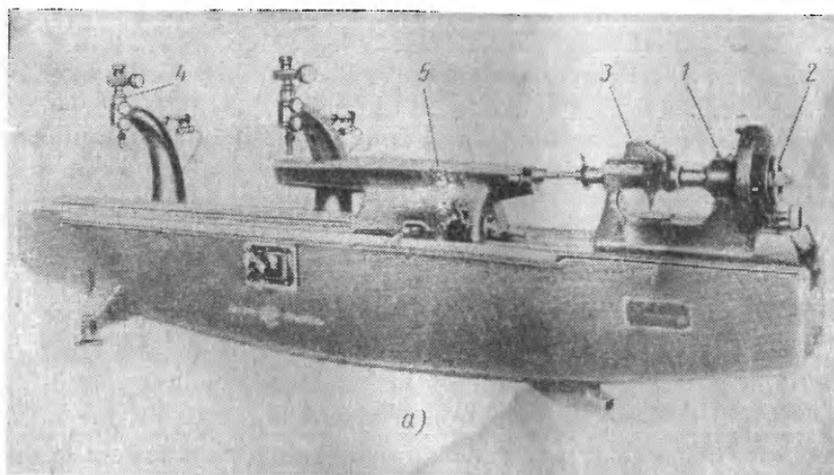
Цена деления окулярной штриховой сетки в мм . . . . .	0,1
Число делений окулярной штриховой сетки . . . . .	10
Измерительное усилие в гс . . . . .	250
Цена деления шкалы отсчетного рычажного устройства в мм . . . . .	0,001
Пределы измерений по шкале в мм . . . . .	0,012
Передаточное отношение рычажного устройства . . . . .	1000
Диаметр рабочей поверхности измерительного нако- нечника в мм . . . . .	10
Высота измерительного стержня от поверхности ста- нины в мм . . . . .	135
Пределы измерений угломерного микроскопа:	

	Нормальный объектив			Специаль- ный объектив
Увеличение . . . . .	8,3 <sup>×</sup>	19 <sup>×</sup>	55 <sup>×</sup>	70 <sup>×</sup>
Величина поля зрения в мм	21	9,3	3,2	2,5
Наибольшее поле зрения при контроле резьб в мм	14	9,3	3,2	2,5
Наибольший диаметр изме- ряемой резьбы в мм . . .	130	130	100	50
Наибольшая высота измеря- емого объекта, установ- ленного на столе, в мм . .	40	40	60	58
Наибольший угол наклона кронштейна угломерного микроскопа в град . . . . .				± 10
Величина отсчета по но- ниусу шкалы наклона угломерного микроскопа в мин . . . . .				5
Величина отсчета углов по отсчетному микроско- пу в мин . . . . .				1
Погрешность измерений уг- лов при контроле резьбы в мин. . . . .				± 2
Наибольший диаметр изме- ряемой детали, установ- ленной в центры, в мм . .				125
Габариты прибора в мм:				
длина . . . . .				2045
ширина . . . . .				590
высота . . . . .				830
Вес машины (без принадлежностей) в кг . . . . .				480

В СССР чаще встречаются машины фирмы SIP ранее вы-  
пущенных моделей. Одна из машин старой модели показана на  
фиг. 7. На станине имеется кронштейн 1, несущий микрометри-  
ческое устройство 2, связанное с бабкой, на которой смонтиро-  
вано рычажное отсчетное устройство 3 с измерительным стерж-  
нем. Эта машина существенно отличается от модели MUL кон-  
струкцией отсчетных микроскопов 4, конструкцией бабки 5 со  
шкалой, отсутствием поворотного кронштейна с угломерным  
микроскопом и др. Машина менее универсальна. Однако прин-  
цип работы и погрешности показаний машин старой и новой

моделей идентичны. Общая схема машины старой модели показана на фиг. 7, б.

Микрометрический винт 1 с шагом резьбы 0,5 мм смонтирован в кронштейне 2. На шейке микровинта помещен диск 3 диаметром 125 мм, разделенный на 500 частей ценой 0,001 мм, с интервалом равным 0,785 мм. Диск оснащен нониусом 4 с вели-



Фиг. 7. Старая модель измерительной машины SIP:

а — общий вид; б — схема машины

чиной отсчета равной 0,1 мк. Шкала и нониус рассматриваются через лупу 5. Пределы перемещения микровинта 0—25 мм. Передаточное отношение микрометрического устройства около 800.

Микровинт 1 посредством микрометрической гайки 6 связан с полым стальным цилиндром (бабка), скользящим во втулках. На бабке смонтировано рычажное устройство 7. Осевой люфт микровинта устраняется при помощи пружины 8, помещенной между гайкой 6 и дополнительной гайкой 9. Величина линейного перемещения бабки с рычажным устройством в миллимет-

рах фиксируется при помощи указателя, скользящего по миллиметровой шкале. Погрешность микропары корректируется при помощи коррекционной линейки 10, в паз которой входит палец 11, связанный с гайкой 6. Палец одновременно предохраняет микропару от провертывания. Вращение микровинта осуществляется через маховик 12 с фрикционом, предохраняющим рычажную систему от чрезмерной осевой нагрузки. Внутри бабки помещен измерительный стержень 13, находящийся под воздействием пружины 14. Пружина соединена с втулкой 15, осевым перемещением которой можно менять величину измерительного усилия, а также его направление (например, в случае, когда требуется производить внутренние измерения). Втулка 15 закрепляется головкой 16. С измерительным стержнем 13 связан рычажный механизм с ценой деления 0,001 мм и пределами измерения  $\pm 0,012$  мм. Механизм главным образом предназначен для создания постоянства измерительного усилия, но используется также для отсчета величин отклонений при относительных измерениях. Движение при осевом перемещении измерительного стержня передается через увеличивающие рычаги 17 и 18 на рычаг 19 и стрелку 20, перемещения которой отсчитываются по шкале 21. Рычаг 19 поворачивается на призматической опоре. Передаточное отношение рычажного механизма равно 800 и может быть легко изменено перемещением контакта призмы рычага, чем изменяется длина короткого плеча.

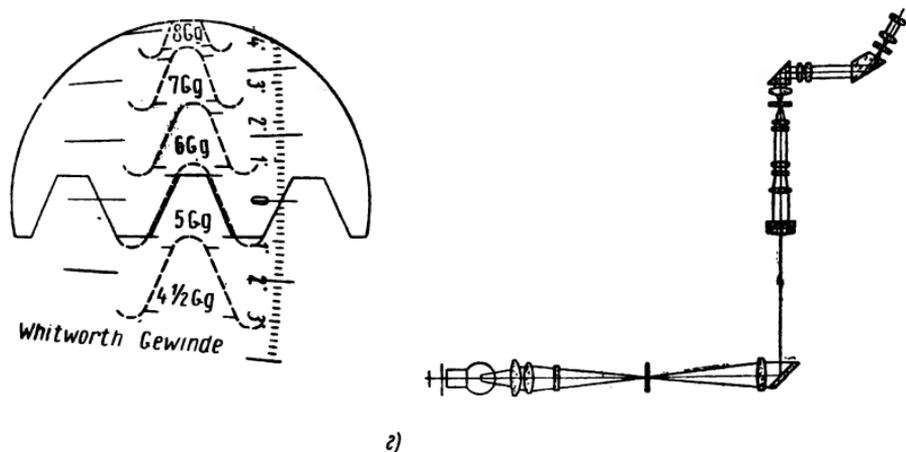
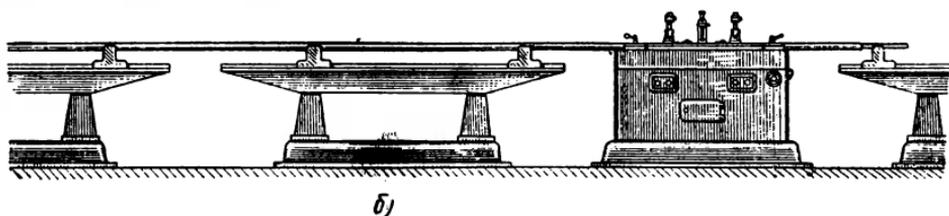
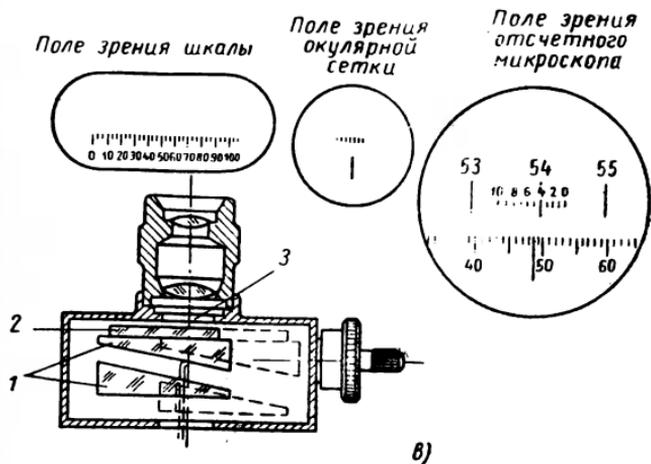
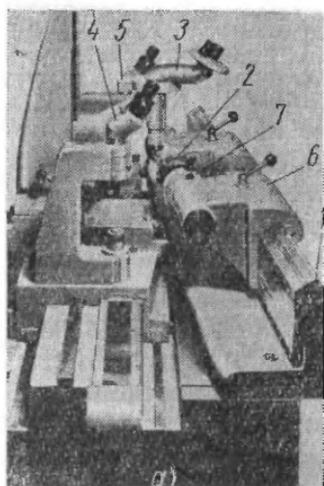
Это используется при юстировке рычажного механизма для устранения погрешности показаний отсчетного рычажного устройства.

## 5. Измерительная машина фирмы Лейтц (ФРГ)

Фирмой Лейтц (ФРГ) в настоящее время выпускается универсальная измерительная машина, показанная на фиг. 8. Впервые модель этой машины демонстрировалась в каталогах 1939—1940 гг. Современная машина имеет такую же метрологическую характеристику, как ранее выпускаемые машины, и предназначена для измерений длин и углов, червячных фрез, конусов, шага и среднего диаметра резьбы метчиков с нечетным числом канавок, шага ходовых винтов и др. Машина приспособлена для измерения сравнительно тяжелых и больших по габаритам деталей. При измерении длинных ходовых винтов к машине пристраиваются дополнительные станины с люнетами (фиг. 8, б). Пределы измерения непосредственно на машине в продольном направлении — 200 мм. Цена деления отсчетного устройства для измерения длин равна 0,001 мм, а углов — одной минуте.

Измеряемую деталь устанавливают в центры или на люнеты, смонтированные на массивной поворотной угловой плите 1 (фиг. 8, а). Наибольшая длина детали, установленной в центры 1100 мм, а наибольший диаметр 250 мм. В отличие от других

на этой машине измеряется объект 2 остается при контроле неподвижным, а перемещаются измерительные салазки, несущие главный (визирный) микроскоп 3 и отсчетные микроскопы



Фиг. 8. Измерительная машина фирмы Лейтц:

а — общий вид; б — машина Лейтц с дополнительными станинами; в — отсчетная головка; г — оптическая схема и поле зрения главного микроскопа

продольного хода 4 и поперечного 5, оснащенные окулярными микрометрами с ценой деления 0,001 мм. При помощи окулярных микрометров и двух миллиметровых шкал определяются

2\*

величины продольных и поперечных перемещений салазок визуального микроскопа.

Окулярные микрометры отсчетных микроскопов основаны на оптическом принципе (фиг. 8, в), при котором смещение одного из десяти двойных штрихов ценой 0,1 мм окулярной сетки 3 относительно соответствующего миллиметрового деления неподвижной шкалы компенсируется смещением стеклянных клиньев 1. Величина этого смещения зависит исключительно от перемещения клина и определяется по соединенной с ним шкале 2 относительно нулевого штриха окулярной сетки 3. Таким образом, при отсчете устраняется погрешность микровинта окулярного микрометра, который в измерениях не участвует, а лишь перемещает клин. На фиг. 8, в показано поле зрения отсчетного микроскопа, на котором можно прочесть размер 54,4485 мм. В окуляр главного микроскопа вставляются сменные окулярные головки: угломерная с ценой деления равной одной минуте и профильные со сменными сетками (радиусными, с различными профилями резьб и т. д.). Оптическая схема и поле зрения главного микроскопа с профильной окулярной сеткой показаны на фиг. 8, г.

В левую бабку 6 (фиг. 8, а) вмонтировано угломерное устройство 7 с ценой деления одна минута, при помощи которого отсчитываются углы поворота вокруг оси центров.

На машине устанавливается круглый стол с наименьшей ценой деления равной одной минуте. Центральная колонка главного микроскопа может наклоняться на угол, соответствующий углу подъема проверяемой резьбы. Наибольший угол наклона равен  $\pm 10^\circ$ . Для измерения плоских и других деталей у машины имеется плоский прямоугольный предметный стол с габаритами 110×405 мм.

К машине прилагаются три объектива, при помощи которых достигается увеличение 10×, 20×, 30×. Поле зрения при этом соответственно равно 20, 10 и 6,5 мм.

Погрешности измерения на машине в поперечном направлении при измеряемой длине 200 мм составляют  $\pm 0,006$  мм, а в продольном направлении при измеряемой длине 1000 мм —  $\pm 0,01$  мм. Габариты машины 1950×1250×850 мм.

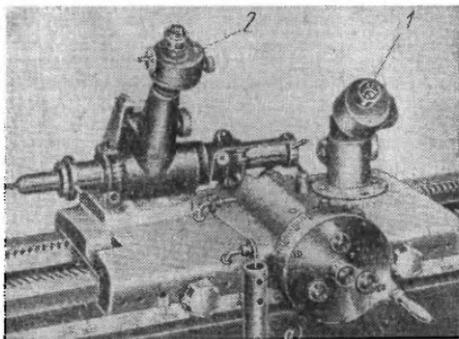
## 6. Измерительная машина фирмы Сименс и Шуккерт

Определенный интерес представляют конструктивные элементы измерительной машины для длин до 6000 мм, созданной фирмой Сименс и Шуккерт (фиг. 9).

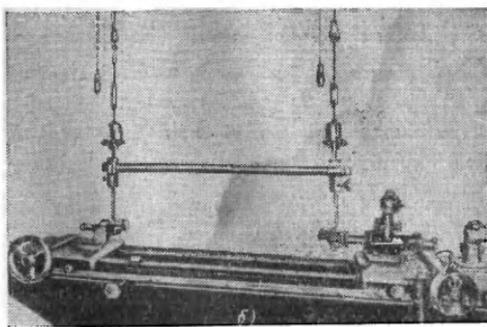
Машина представляет собой жесткую станину длиной 7200 мм и шириной 600 мм, установленную на особый фундамент. В центре между направляющими станины помещены две косозубые рейки ( $m=3$ ), при помощи которых перемещается измерительный суппорт 2 с отсчетным микроскопом 1. Между

рейками находится метровая линейка 1 (фиг. 9, в), состоящая из шести линеек; сечение линейки  $14 \times 70$  мм. Каждая линейка покоится на двух опорах, расположенных в наиболее благоприятных точках (точки Эри). Одна из опор жесткая, другая допускает перемещения линейки, связанные с температурными колебаниями.

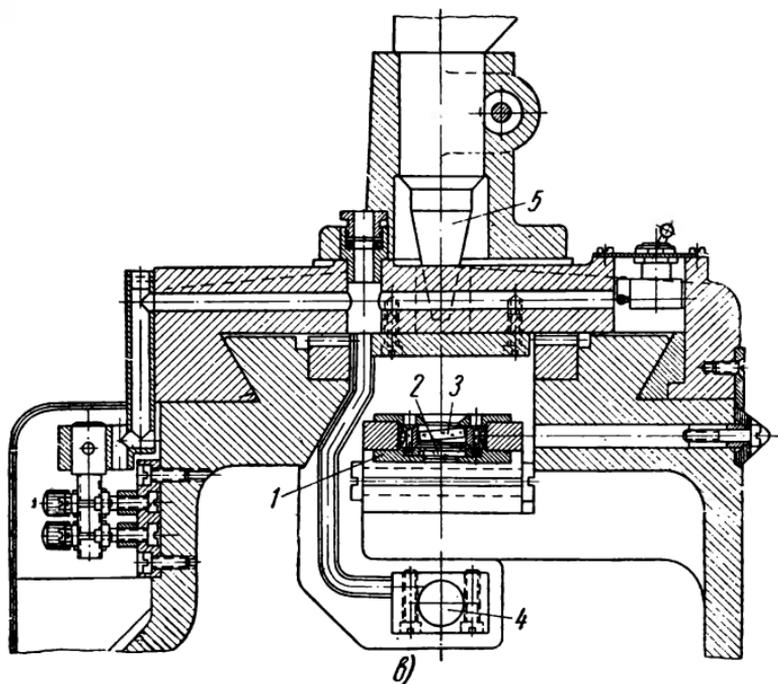
На линейке через каждые 100 мм имеются отверстия, в которые помещены стеклянные пластины 2 (дециметровые глазки).



a)



б)

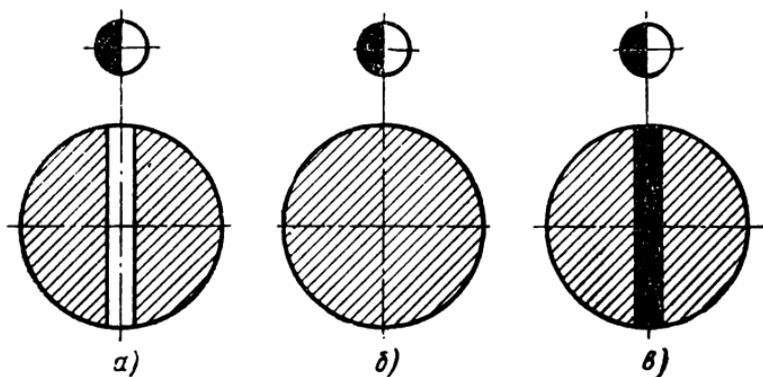


Фиг. 9. Измерительная машина фирмы Сименс и Шукерт

Половина площади глазков краем точно по диаметру покрыта черным непрозрачным лаком. Над каждым глазком предусмотрено юстировочное устройство, состоящее из плоскопараллельной пластины 3, установленной под углом  $5^\circ$ . Пластина 3

помещена в оправу, представляющую червячную пару. Вращением червяка осуществляется наклон пластины и параллельное смещение изображения дециметрового указателя относительно визирной линии в поле зрения окуляра. При повороте червяка на 0,5 оборота дециметровый указатель переместится на 3 мк, что при 40-кратном увеличении составляет в поле зрения 0,12 мм. Освещение дециметровых глазков осуществляется от источника света 4, смонтированного на суппорте.

На тубусе визирного микроскопа 5 установлена головка двойного изображения. Она аналогична головке ОГУ-22, выпускаемой к инструментальным и универсальным микроскопам. При помощи этой головки получается репродуцированное изображение дециметрового указателя, т. е. в одной части поля зрения видно два полутеневых изображения установочной грани дециметрового глазка (фиг. 10). При перемещении отсчетного микроскопа, обе половины теневого изображения приближаются или удаляются друг от друга (фиг. 10, а). Если оба теневого изображения соприкасаются, то тень покрывает все поле зрения (фиг. 10, б). При дальнейшем перемещении микроскопа обе полутени надвинутся одна на другую (фиг. 10, в).



Фиг. 10.

Установка на дециметровый указатель считается правильной, когда обе полутени соприкасаются, не надвигаясь друг на друга без наличия черной полосы и без просвета между краями. Этим достигается высокая чувствительность и точность установки.

Рассеивание показаний при многократных совмещениях полутеней не превышает 0,3—0,5 мк.

Совместно с визирным микроскопом на суппорте смонтировано измерительное устройство, при помощи которого производится отсчет сантиметровых и миллиметровых интервалов, а также сотых и тысячных долей миллиметра. В качестве измерительного устройства на машине (как и при измерениях на машине ВНИИМ) использован измерительный узел обычного оптического горизонтального (или вертикального) длиномера.

Суппорт перемещается вручную при помощи планетарного механизма, позволяющего производить грубую и точную установку. Передача осуществляется через фрикционную кулачковую муфту вращением кольца с внутренним зубчатым зацеплением, находящегося позади планетарной передачи.

Принцип устройства механизма заключается в соединении центрального колеса планетарной передачи при переключении попеременно либо с корпусом суппорта (при точной установке), либо с коробкой планетарной передачи (при грубой установке).

Установку изделий длиной до 300 мм производят на предметном универсальном столе, а свыше 300 до 1000 мм — на роликовых люнетах. Стол и люнеты являются нормальными узлами, подобными установленным на других измерительных машинах (отечественные и Цейсс).

Для изделий, превышающих длину 3000 мм, в целях уменьшения погрешности измерения из-за большого веса на машине предусмотрено подвесное устройство. Приспособление для внутренних измерений состоит из двух насадок, одеваемых на пиноль и измерительный тубус (фиг. 9, б). Насадки расположены по вертикали на 45 мм выше оси измерения наружных размеров; направление измерительного усилия приспособления при внутреннем измерении обратно направлению при наружных измерениях.

По данным фирмы суммарная погрешность показаний измерительной машины составляет:

$$\delta = \pm (0,8 + 6L + 0,45L^2) \text{ мк};$$

погрешность измерения не превышает

$$\delta = \pm (1,3 + 9L + 0,7L^2) \text{ мк},$$

где  $L$  — измеряемая длина в м.

## 7. Машины фирмы Уоттс (Англия)

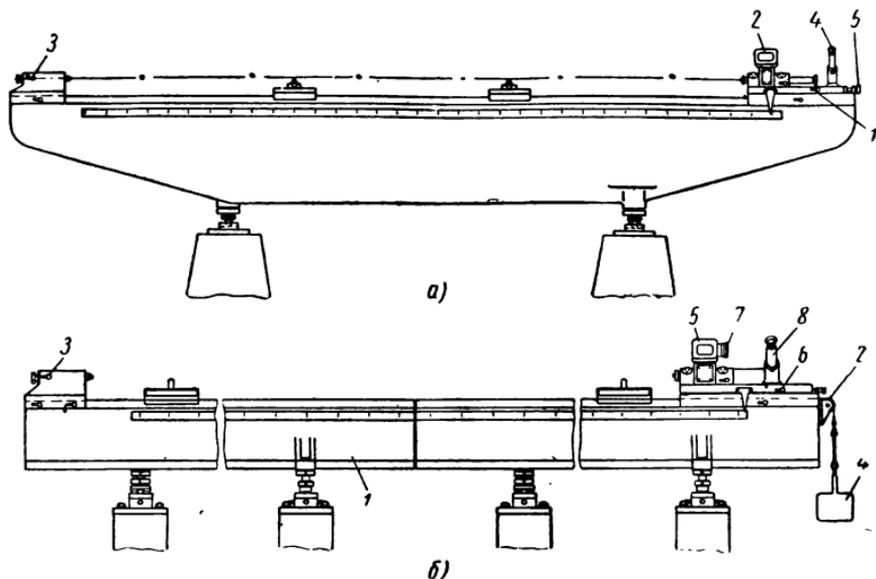
Измерительные машины фирмы Уоттс изготавливаются двух типов: с пределами измерения 0—2000 и 0—3000 с ценой деления 0,001 мм и с пределами измерения 0—8000 мм с ценой деления 0,002 мм. Машина Уоттс первого типа (фиг. 11, а) в определенной мере сочетает конструкции машин Сименс и Шуккерт, отечественной и Цейсс. Она имеет такой же измерительный суппорт 1, как у машины Сименс и Шуккерт, но вместо спирального окулярного микрометра оснащена экраном 2, который снабжен сеткой и оптическим микрометром, позволяющим производить отсчет долей микрона (0,25 мк). Постоянство измерительного усилия обеспечивается барабаном с пружиной, соединенной с измерительной пинолью 3.

Визирование изображений штрихов дециметровых интервалов производится при помощи микроскопа 4 с увеличением  $60\times$ ,

а микрометрическая подача при совмещении изображений штрихов биссектора микроскопа со штрихами дециметровых интервалов осуществляется головкой 5.

Основная метровая шкала машины аналогична имеющейся в машине Сименс и Шуккерт. Оправы с пластинками со штрихами помещены наклонно и их можно повертывать при установке дециметровой шкалы на размер по образцовым мерам в процессе юстировки.

Второй тип машины (фиг. 11, б) базируется на чугунной станине 1, состоящей из двух и более точно стыкованных секций



Фиг. 11. Машины фирмы Уоттс:  
а — первый тип; б — второй тип

размерами, например, 3,2 и 1,8 м, либо двух секций по 3,2 м и т. д. В каждой секции предусмотрена канавка, в которой помещается стальная лента 2, с точно нанесенными делениями через 100 мм. Одним концом лента жестко прикреплена к задней бабке 3, к другому концу ленты, перекинутой через блок с малым трением, прикреплен груз 4 весом около 10 кг, создающий постоянное натяжение ленты.

Погрешность нанесения делений на ленте  $\pm 0,0025$  мм на 100 мм длины шкалы.

На станине установлены измерительные элементы, по конструкции аналогичные имеющимся на машине первого типа: проектор 5 измерительного суппорта 6, оснащенный винтовым окулярным микрометром 7 с ценой деления по барабану 0,002 мм; визирный микроскоп 8 с увеличением  $30\times$ .

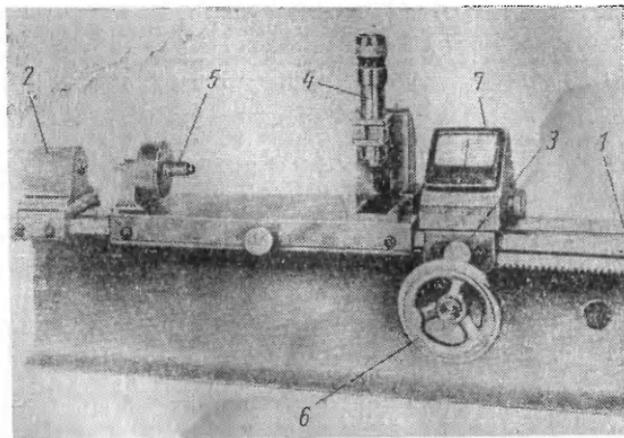
Погрешности измерения машины первого типа в среднем могут быть выражены формулой

$$\delta = \pm (0,5 + 5L) \text{ мк.}$$

Измерительные машины «Уоттс» имеют ряд рациональных конструктивных элементов, как например, применение вместо окулярных головок в отсчетных устройствах экранов в сочетании с оптическим или винтовым микрометром, применение регулируемой пружины, соединенной с измерительной пинолью и др.

## 8. Измерительные машины Хоммель-Верке (ФРГ)

Измерительные машины фирмы Хоммель-Верке по конструкции весьма просты. Большинство их видов скорее относятся к измерительным устройствам. У этих машин, как правило, ста-



Фиг. 12. Прецизионная концевая измерительная машина фирмы Хоммель-Верке

нина выполнена из балки двутаврового сечения, имеющей прямоугольные направляющие для установки на них измерительных узлов и опор для измеряемой детали.

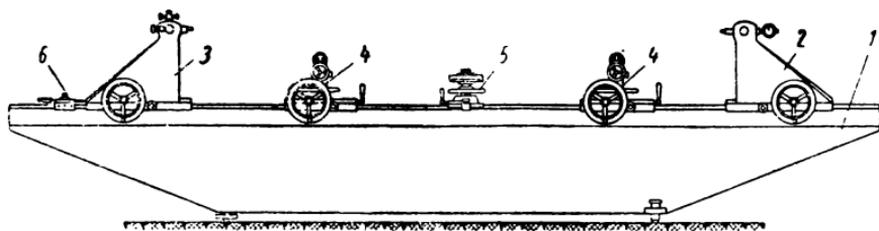
На фиг. 12 показана прецизионная концевая измерительная машина фирмы Хоммель-Верке. На станине 1 (двутавровая балка) жестко закреплена бабка 2 и установлен измерительный суппорт 3. На суппорте смонтирован отсчетный микроскоп 4 с увеличением  $12,5\times$  и микрометрический узел 5 с ценой деления  $0,002\text{ мм}$  и пределами измерения  $0-12\text{ мм}$ . Между направляющими станины расположена точная шкала с сантиметровыми делениями, которые наблюдаются в отраженном свете в окуляр микроскопа 4. В поле зрения окуляра имеется стеклянная пластина с биссектором, который совмещают со штрихами шкалы. Предварительно перемещение измерительного суппорта для установки машины на размер осуществляется маховичком 6, а точно — регулировочным винтом, находящимся на суппорте. Точная установка на нуль и постоянство измерительного усилия обеспечиваются стрелочным устройством 7, соединенным с измерительным стержнем бабки при помощи электрической си-

стемы. Стрелка отсчетного устройства реагирует даже при самом легком контакте рабочих поверхностей измерительных стержней бабки и измерительного суппорта с измеряемой деталью.

### 9. Концевые бесшкальные измерительные машины

Концевая бесшкальная измерительная машина, сконструированная Бюро взаимозаменяемости, используется для сравнительных измерений. Настройка ее производится шаговым методом.

На станине 1 (фиг. 13) расположены измерительная 2 и пинольная 3 бабки. В измерительной бабке закрепляется трубка оптиметра или другое отсчетное устройство. Для установки на машине проверяемых цилиндрических мер предусмотрены люнеты 4, а для прямоугольных — столики 5. На правом и левом



Фиг. 13. Бесшкальная (шаговая) измерительная машина

концах машины, после настройки ее на размер, устанавливаются индикаторные устройства 6, фиксирующие исходное положение измерительной бабки и конечное положение пинольной бабки.

Способ шаговой настройки обычно применяется в случаях, когда машину нужно установить на размер, превышающий размер образцовой меры. Если размер, на который устанавливают машину, кратен размеру образцовой меры, то применяется следующий порядок измерения.

Пинольную бабку отводят влево до контакта с наконечником рычажной головки с ценой деления 0,001 мм и пределами измерения  $\pm 0,05$  мм упорного устройства. Сообщив натяг рычажной головке приблизительно на половину ее предела измерения, бабку закрепляют и записывают показание по шкале головки. Затем подводят к пинольной бабке измерительную бабку до контакта наконечников пиноли и отсчетного устройства (например, оптиметра) и настраивают наконечники на параллельность их осей при помощи юстировочных винтов пиноли. Вращая микровинт пиноли, устанавливают шкалу оптиметра на нуль. Измерительную бабку отодвигают и устанавливают на станину столики (или люнеты), куда помещается

образцовая мера. После этого подводят измерительную бабку до контакта с мерой так, чтобы шкала оптиметра оказалась приблизительно на нуле. Соответствующими движениями столиков устанавливают меру по оси измерения, а перемещением измерительной бабки устанавливают шкалу оптиметра на нуль и закрепляют бабку. В результате получают первый «шаг». Сняв со станины образцовую меру и столики, перемещают пинольную бабку до контакта с измерительной бабкой и получения нулевого показания по шкале оптиметра. Затем закрепляют пинольную бабку, отодвигают измерительную бабку, устанавливают столики и меру, и, приведя в контакт измерительную бабку, делают второй шаг, и так далее до получения необходимого размера. При последнем шаге закрепляют измерительную бабку и придвигают к ней упорную с рычажно-зубчатой головкой, которой, как и в первом случае, сообщают натяг приблизительно на половину предела измерения головки. Затем перемещают пинольную бабку до исходного положения по шкале индикатора упорного устройства. Таким образом между бабками выдерживают заданный размер.

Если размер, на который нужно настроить машину не кратен образцовой мере, то подбирают один шаг по размеру таким, чтобы остальные шаги были кратными. Размер шага, отличающийся от всех других шагов, откладывают в начале или в конце настройки машины.

Для ускорения установки машины на размер можно применить способ «безнулевой» настройки или «настройки с поправками».

При этой настройке пинольную бабку подводят к измерительной не до исходного показания по шкале оптиметра, а до какого-нибудь показания, которое и нужно учитывать как поправку к общей длине установки на размер.

Вычисление суммарной поправки производят алгебраическим сложением каждого показания по шкале оптиметра (для всех шагов) с показанием по шкале рычажно-зубчатой головки упорного устройства и вычитают из этой суммы сумму показаний оптиметра при установленных мерах (для всех шагов) с показанием по шкале рычажно-зубчатой головки упорного устройства.

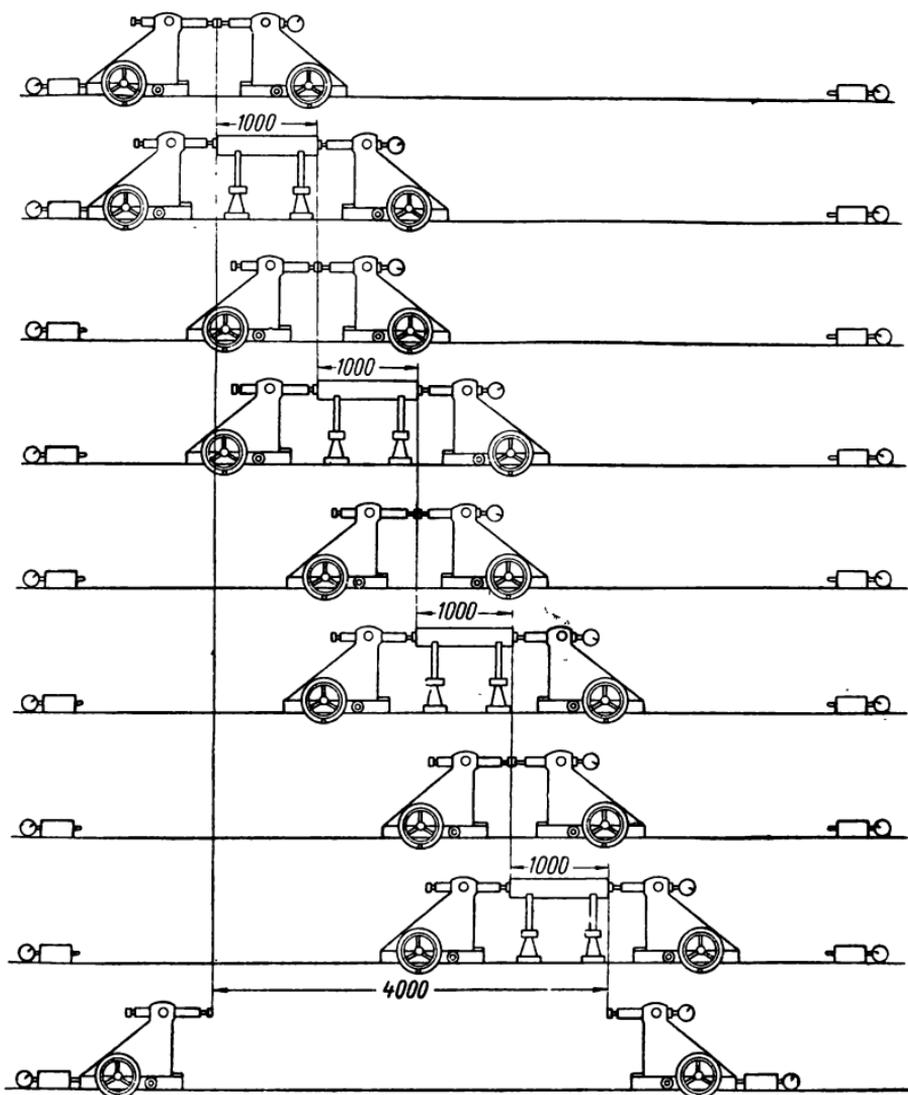
Пусть, например, необходимо установить номинальный размер 2482, 115 мм.

Положение первого шага следующее: показание рычажно-зубчатой головки +0,021 мм. Установлена мера длиной 1000 мм. Показания оптиметра +0,008 мм. После снятия меры и сближения бабок показание оптиметра равно (-0,012) мм. Поправка первого шага будет: (-0,012) - (+0,008) = (-0,020) мм.

Положение второго шага: установлена мера длиной 1000 мм, показание оптиметра -0,016 мм. После снятия меры и сближе-

ния бабок по показанию оптиметра равно  $(-0,028)$  мм. Поправка второго шага будет:  $(-0,028) - (-0,016) = -0,012$  мм.

Положение третьего шага: установлен блок 482,115 мм, показание оптиметра равно  $(-0,022)$  мм. Поправка третьего шага будет:  $0 - (-0,022) = +0,022$  мм.



Фиг. 14. Схема шагового метода настройки машины

После возвращения пинольной бабки к упору и закрепления ее отсчет по шкале рычажно-зубчатой головки равен  $(+0,003)$  мм. Поправка возвращения бабки равна  $(+0,003) - (+0,021) = (-0,018)$  мм.

Общая поправка составляет:  $-0,020 - 0,012 + 0,022 - 0,018 = -0,028$  мм.

Отклонение измеряемого размера от номинала (2482, 115) будет равно сумме показаний отсчетного устройства и поправки ( $-0,028$  мм).

Схема шагового метода настройки машины на размер показана на фиг. 14. Такие измерительные машины с пределами измерения  $0-3000$ ;  $0-6000$  и  $0-10\,000$  мм были изготовлены совместно заводами «Калибр» и «Красный пролетарий» для заводов тяжелого станкостроения и машиностроения. Машины главным образом используются для проверки жестких, регулируемых и микрометрических нутромеров.

## 10. Измерительные машины отечественного производства типа ИЗМ

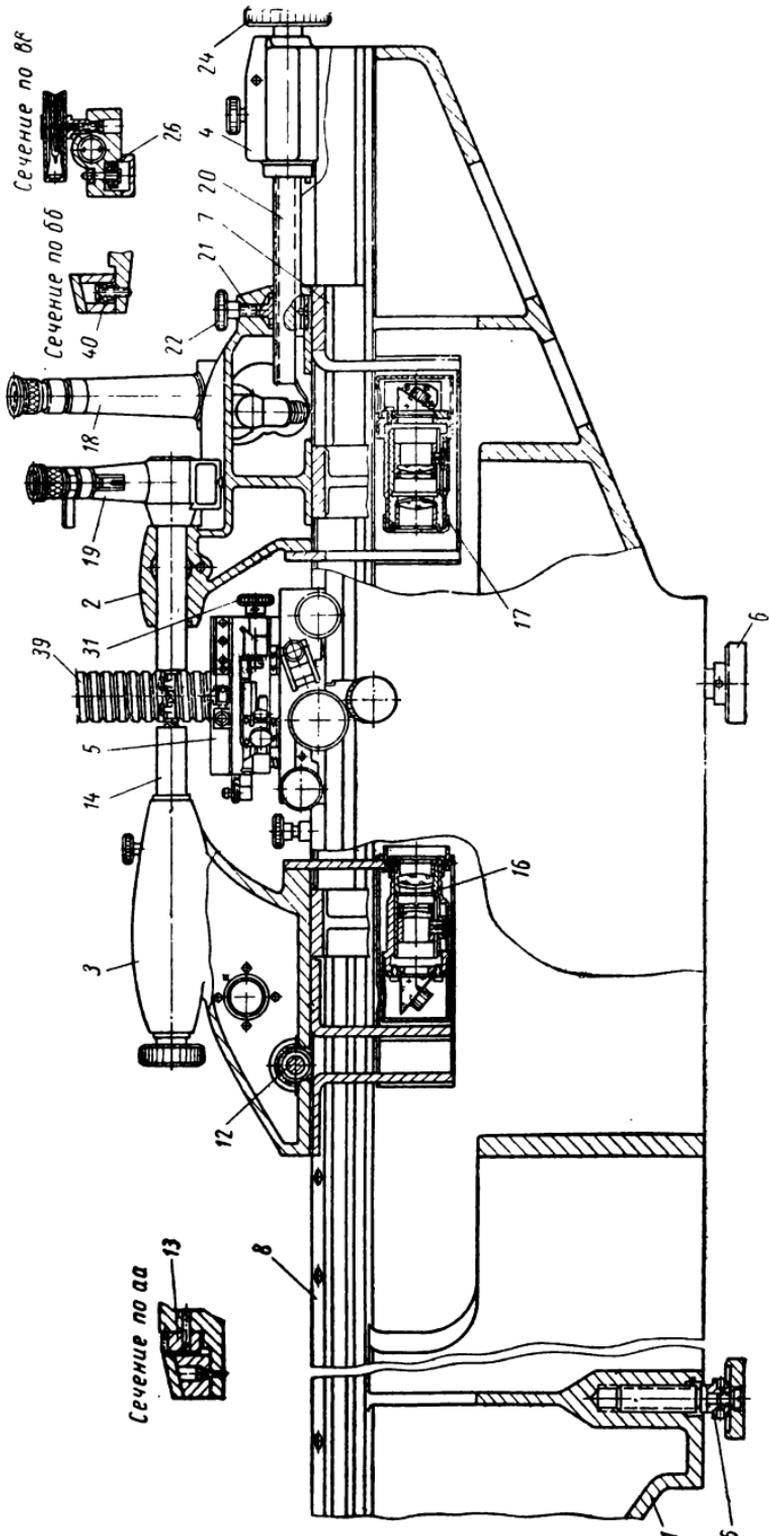
Измерительные машины отечественного производства (фиг. 15) выполняются по первому типу. Основными узлами машины являются: жесткая, литая чугунная станина 1 с закрепленными на ней частями; измерительная бабка 2; пинольная бабка 3; шкалы; микрометрическое устройство с кронштейном 4; универсальный предметный стол 5; люнеты и др.

Станина опирается на три опоры 6: две регулируемые и одну жесткую. Вдоль станины размещены оптические шкалы: стомиллиметровая 7, находящаяся под измерительной бабкой, и дециметровая 8. Для удобства работы на станине против соответствующих оптических шкал закреплены стальные (миллиметровая 9 и дециметровая 10) вспомогательные шкалы, посредством которых ориентировочно устанавливаются на размер бабки. Пинольная бабка перемещается на плоских направляющих по станине при помощи маховика 11, который связан зубчатым колесом 12 с рейкой 13 (сеч. по *aa*). Рейка помещена параллельно дециметровой шкале по всей ее длине.

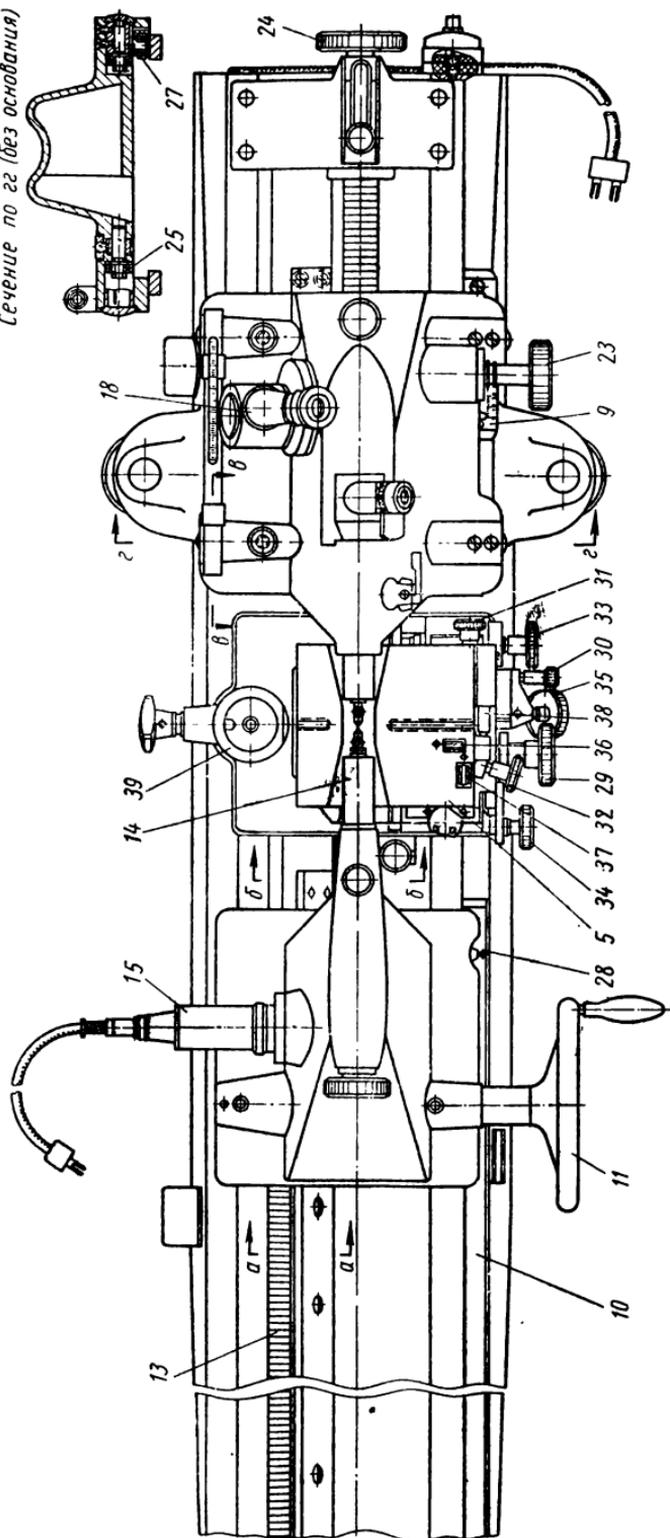
Пинольная бабка несет на себе трубку пиноли 14, осветитель 15 и коллимационный объектив 16, который служит для передачи изображения штрихов биссектора через такой же коллимационный объектив 17 в плоскость делений миллиметровой шкалы. На измерительной бабке имеется, кроме объектива 17, отсчетный микроскоп 18, при помощи которого рассматриваются изображения штрихов миллиметровой и дециметровой шкал, и трубка оптиметра 19.

С правой стороны на станине жестко закреплен кронштейн 4 с микрометрическим устройством, к которому присоединяется измерительная бабка при помощи подпружиненной рейки 20 с упором и зажимной втулкой 21. Рейка закрепляется в бабке винтом 22.

Грубая установка измерительной бабки на размер осуществляется маховиком 23, который связан зубчатым колесом с рейкой 20. Точная установка бабки производится микрометрическим винтом с маховиком 24. Микрометрический винт 1 (фиг. 16)



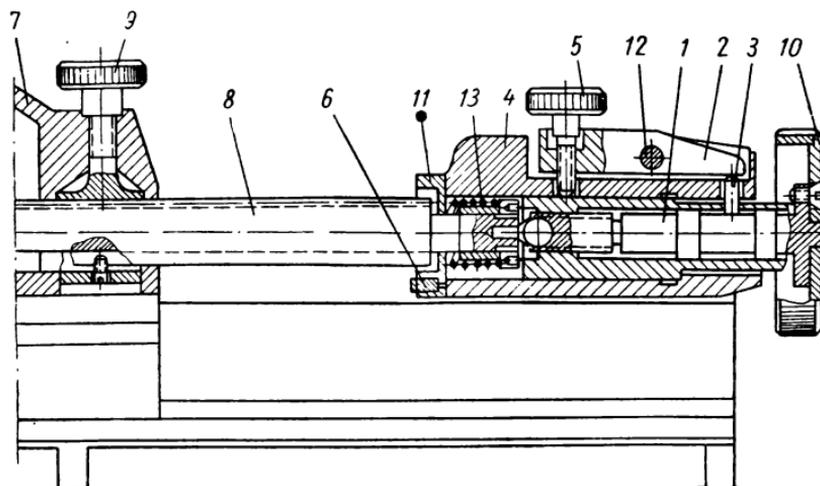
Сечение по г-г (без основания)



Фиг. 15. Измерительная машина типа ИЗМ

закрепляется при помощи тормозного устройства, состоящего из рычага 2 с сухарем 3 и винта 5. На кронштейн имеется резиновый амортизатор 6, предохраняющий измерительную бабку от ударов о кронштейн 4.

Измерительная бабка перемещается в пределах миллиметровой шкалы на четырех регулируемых шарикоподшипниках 25 (фиг. 15, сечение *гг*) по горизонтальным направляющим станины. От боковых смещений бабку предохраняют боковые шарикоподшипники: два регулируемых 26 (сечение *вв*) и два подпружиненных 27 (сечение *гг*), катящихся по вертикальным



Фиг. 16.

направляющим станины. Длина перемещения пинольной и измерительной бабок фиксируется при помощи указателей 28, скользящих по вспомогательным миллиметровой и дециметровой шкалам.

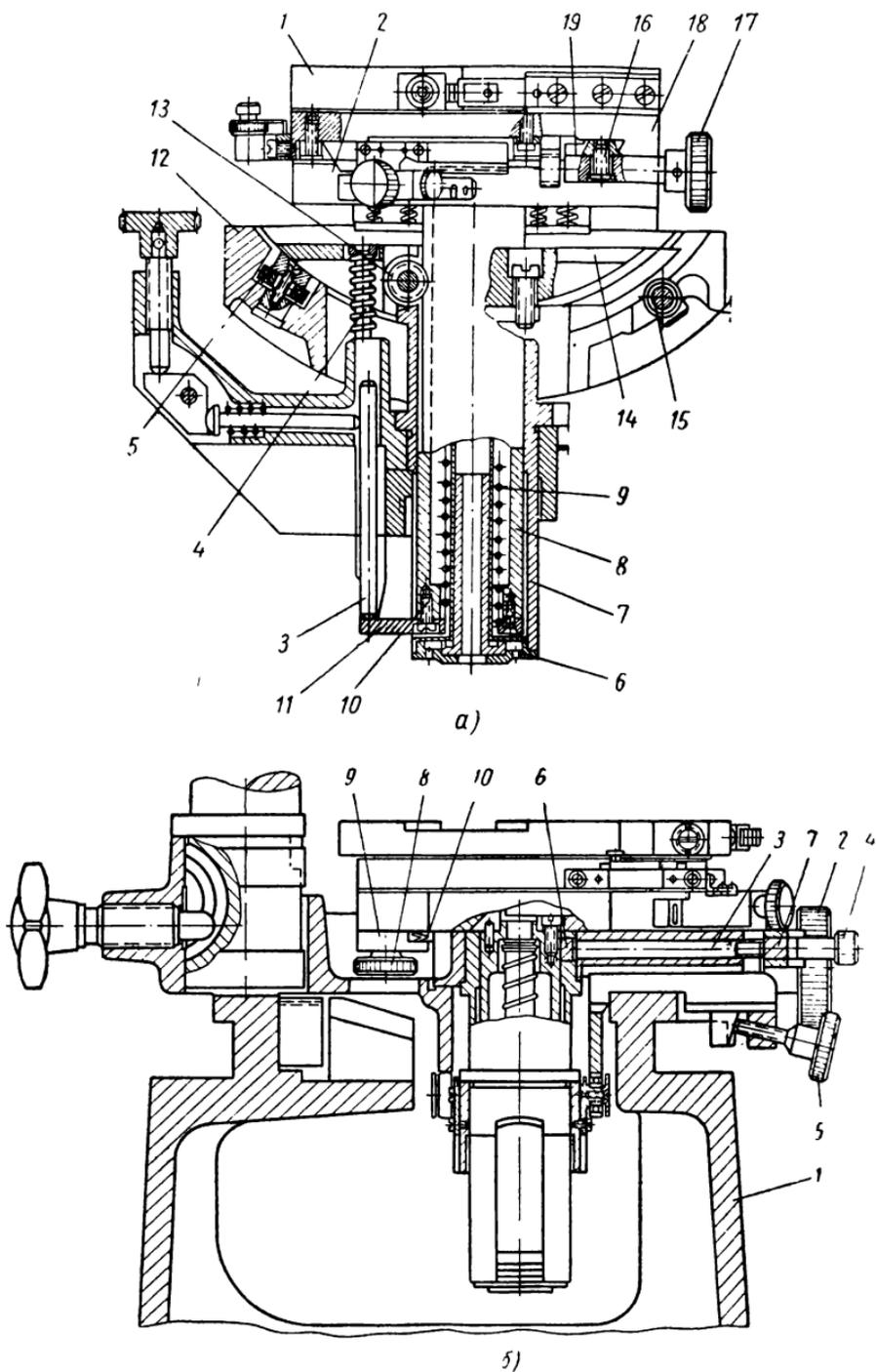
При измерениях длин до 100 мм измерительную бабку устанавливают над нулевым дециметровым штрихом так, чтобы двойной штрих биссектора был виден в поле зрения отсчетного микроскопа. При измерениях длин свыше 100 мм измерительную бабку 3 устанавливают по штрихам соответствующего дециметрового интервала и совмещают изображение его с изображением штриха миллиметровой шкалы.

Измеряемые детали помещают на люнеты или на универсальный предметный стол. Люнеты применяются при измерении цилиндрических мер (например, нутромеров) длиной более 300 мм, а стол — при измерении мер прямоугольного сечения (например, концевых мер), цилиндрических мер (нутромеров) длиной до 300 мм, резьбовых и гладких калибров (пробок, колец, скоб и др.). При измерениях концевых мер, цилиндрических или прямоугольных, применяется, кроме этого, универсальный стол в сочетании с люнетом.

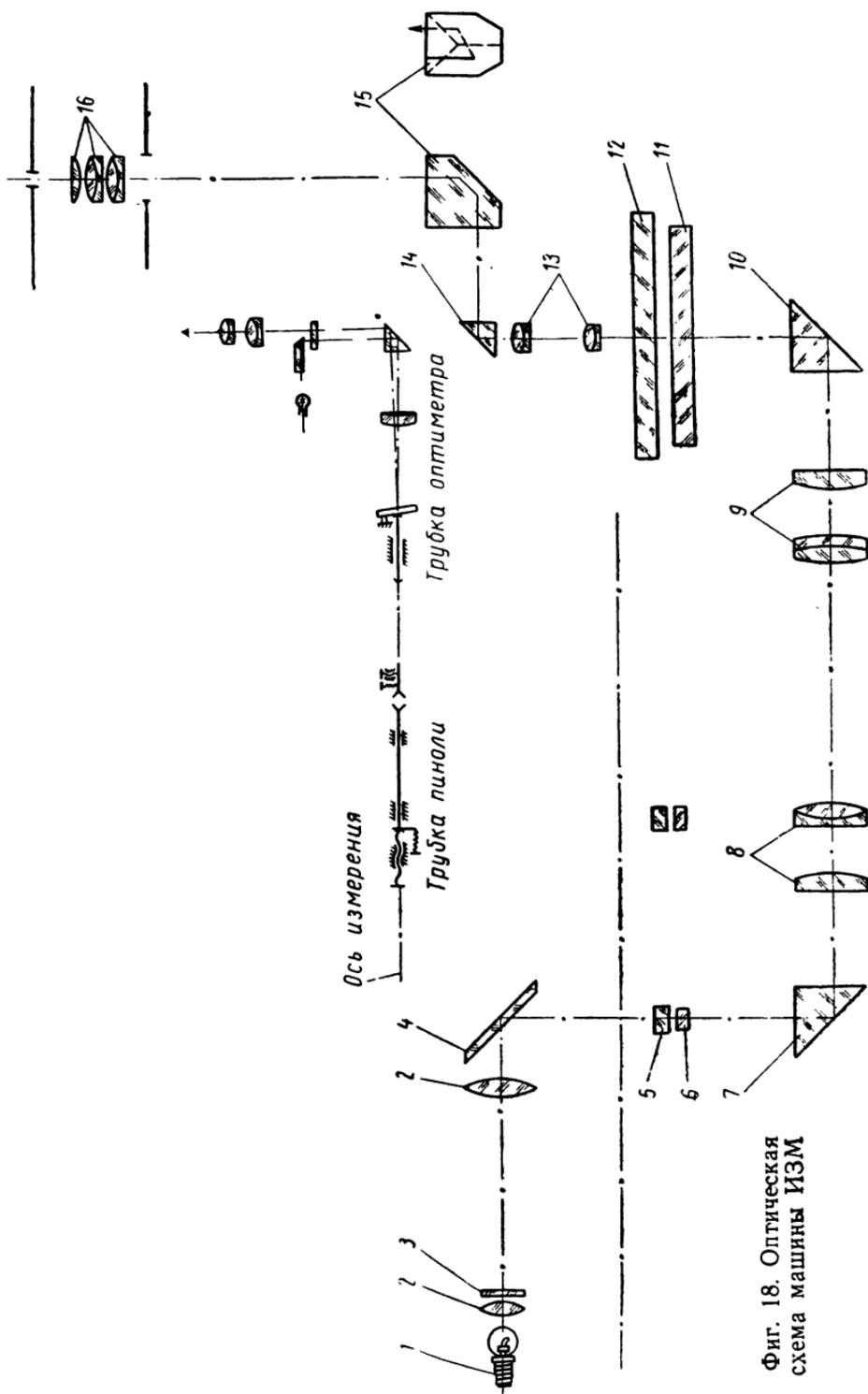
Универсальный стол (фиг. 17) представляет собой массивную конструкцию с плавающей предметной плитой 1 (фиг. 17, а), смонтированной на столе 2. Стол перемещается в вертикальном направлении маховиком 29 (фиг. 15) и закрепляется в этом положении головкой 30. В поперечном направлении он перемещается головкой 31. Кроме того, стол имеет возможность поворачиваться вокруг вертикальной оси маховичком 32 и наклоняться вокруг горизонтальной оси маховичком 33. Закрепляется стол головкой 34. Эти перемещения необходимы для точной установки измеряемого изделия относительно оси измерения. Маховиком 35 стол закрепляют на станине. Перемещение стола по вертикали ограничивается: вверх — стержнем 3 (фиг. 17, а), а вниз — стержнем 4. Механизм наклона стола опирается на шарикоподшипники 5. Положение плавающей предметной плиты 1 в горизонтальной плоскости фиксируется: в поперечном направлении — уровнем 36 (фиг. 15); в продольном направлении уровнем 37. При измерении тяжелых деталей плита предохраняется от ударов (в крайних положениях при наклоне) специальным демпферным устройством 38.

Сзади машины смонтирована колонка 39, посредством которой можно производить измерения также, как на вертикальном оптиметре или в случаях, когда требуется сочетание вертикального и горизонтального оптиметров.

Оптическая схема машины изображена на фиг. 18. Пучок лучей от лампочки накаливания 1, пройдя через конденсорные линзы 2 и зеленый светофильтр 3, направляется зеркалом 4 на на стеклянную пластину 5 с биссекторами, совмещенную с фокальной плоскостью объектива. Далее лучи проходят клиновидную пластину 6 и попадают в призму 7, которая направляет лучи под прямым углом в объектив 8, связанный с пинольной бабкой. Выйдя из объектива, параллельный пучок лучей попадает в объектив 9, находящийся на измерительной бабке, отклоняется вверх призмой 10 и, пройдя покрывное стекло 11, собирается в плоскости миллиметровой шкалы 12, находящейся в фокальной плоскости объектива 9. Изображения двойного штриха и штрихов миллиметровой шкалы попадают в объектив 13 и, пройдя прямоугольную 14 и крышеобразную 15 призмы, отражаются в окуляре 16 отсчетного микроскопа. Микроскоп увеличивает изображения в  $75\times$  (окуляр  $6\times$  объектив  $12,5\times$ ). Параллельность лучей между объективами 8 и 9 обеспечивает положение, при котором изображения двойных штрихов пластин 6 всех дециметровых интервалов, независимо от расстояния между бабками всегда находятся в фокусе объектива 9. Это обеспечивает при наблюдении двойных штрихов всех пластин одинаковую резкость (у машин для длин до 2000 мм). В машинах с пределами измерения более 2000 мм резкость изображения двойных штрихов (последних дециметров) несколько



Фиг. 17. Универсальный предметный стол:  
 а — продольный разрез; б — поперечный разрез



Фиг. 18. Оптическая  
схема машины ИЗМ

слабее. Это объясняется значительными потерями света при увеличении расстояния между бабками.

Линия измерения параллельна фокальным плоскостям обоих объективов и расположена от них на расстоянии, равном двойному фокусному расстоянию объективов и соответствует расположению узловой точки объектива. Это имеет важное значение в устранении погрешности, связанной с нарушением принципа Аббе.

Рассмотренная измерительная машина конструктивно может быть выполнена для измерений с пределами 0—1000 и 0—6000 мм. (Народным предприятием Цейсс (ГДР) измерительные машины подобной конструкции выпускаются с пределами измерений 0—1000, 0—2000, 0—3000 и 0—6000 мм). При этом для всех пределов измерений основные конструкции узлов, кинематическая и оптическая схемы остаются неизменными.

Ниже приводится техническая характеристика измерительной машины типа ИЗМ:

Пределы измерения наружных размеров в мм:	
ИЗМ-10 0—1000; ИЗМ-11 0—2000; ИЗМ-12 0—4000.	
Длина миллиметровой шкалы в мм . . . . .	100
Цена деления миллиметровой шкалы в мм . . . . .	0,1
Величина интервала метровой шкалы в мм . . . . .	100
Длина дециметровой шкалы равна разности между верхним пределом измерения машины и длиной миллиметровой шкалы.	
Пределы измерения трубки оптиметра в мм . . . . .	$\pm 0,1$
Цена деления шкалы трубки оптиметра в мм . . . . .	0,001
Измерительное усилие в гс . . . . .	200 $\pm$ 20
Увеличение отчетного микроскопа . . . . .	74 <sup>x</sup>
Линейное поле зрения микроскопа в мм . . . . .	3
Линейное поле зрения оптиметра в мм . . . . .	0,3
Максимальный подъем стола в мм . . . . .	50
Величина поперечного перемещения стола в мм . . . . .	40
Рабочая площадь предметного стола (плавающей плиты) в мм . . . . .	160 $\times$ 170
Поворот предметного стола в горизонтальной плоскости (в обе стороны от оси симметрии) в град . . . . .	$\pm 15$
Наклон стола (в обе стороны от оси симметрии) в град . . . . .	$\pm 15$
Наименьший диаметр измеряемого отверстия в мм . . . . .	13,5
Наибольший диаметр измеряемого отверстия в мм . . . . .	150
Наибольший диаметр измеряемого изделия, устанавливаемого в люнеты, в мм . . . . .	50
Наибольший допустимый вес измеряемого изделия на столе в кг . . . . .	10
Цена деления термометра машины в град . . . . .	0,2
Цена деления уровней стола в мин . . . . .	2

Освещение — лампа накаливания

Габаритные размеры машин в мм:

ИЗМ-10 . . . . .	2000 $\times$ 500 $\times$ 650
ИЗМ-11 . . . . .	3000 $\times$ 500 $\times$ 700
ИЗМ-12 . . . . .	5000 $\times$ 500 $\times$ 800

Вес машины в кг:

ИЗМ-10 . . . . .	280
ИЗМ-11 . . . . .	600
ИЗМ-12 . . . . .	1000

## II. ПОГРЕШНОСТИ ПОКАЗАНИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Погрешности показаний измерительных машин, неизбежные при измерениях в обычных заводских условиях, складываются из ряда погрешностей отдельных элементов машин. Они возникают в результате даже незначительных конструктивных отступлений при изготовлении машин (в пределах допусков). Погрешности машин можно разделить на следующие группы:

**Погрешности инструментальные**, к которым относятся:

1) погрешности компарирования, погрешности выполнения миллиметровой и дециметровой шкал погрешности от недостаточной точной юстировки, погрешности отсчетного устройства (оптиметра), погрешности, возникающие от измерительного усилия и погрешности измерительной цепи:

2) погрешности, зависящие от поверителя, производящего измерения, куда входят погрешность совмещения изображения двойного штриха дециметровой шкалы с изображением миллиметрового штриха, и погрешность отсчета по шкале оптиметра;

3) погрешности, связанные с отклонением температуры от нормальной; сюда входят погрешности от разности температур шкал и поверяемой меры, погрешности от разности их коэффициентов линейного расширения.

Погрешности, входящие в первую и вторую группы, являются постоянными, независящими от измеряемой длины; погрешности третьей группы пропорциональны измеряемой длине.

Величины отклонений отдельных параметров измерительных машин регламентируются техническими условиями завода-изготовителя и нормами точности, принятыми ГОСТом и инструкциями Комитета.

**Погрешности компарирования.** Как известно, ось измерения располагается на машинах параллельно, но выше плоскости, в которой расположены отсчетные шкалы машины, что противоречит компараторному принципу Аббе. Однако, как нам известно, возможные вследствие этого погрешности компенсируются применяемой на машинах оптической схемой, при которой погрешности, возникающие от наклона бабок при их движении вследствие непрямолинейности направляющих станины, незначительны. При этом сохраняются погрешности измерений лишь второго порядка, что аналогично погрешностям измерений при полном соблюдении в машинах принципа Аббе.

Погрешность  $\delta_1$  от наклона бабок определяется по формуле

$$\delta_1 = L(1 - \cos \varphi) = L \sin^2 \frac{\varphi}{2} = 2L \left( \frac{\varphi}{2} \right)^2;$$
$$\delta_1 = 0,5L\varphi^2,$$

где  $L$  — измеряемая длина в *мм*;

$\varphi$  — угол наклона измерительной оси в *мин*.

По нормам точности на изготовление измерительных машин допустимое отклонение от прямолинейности направляющих станины составляет 0,08 *мм* на длину в 1000 *мм*, что в угловой мере равно 16" (в радианах 0,00008).

Исходя из этого при длине измерения равной 1000 *мм*,  $\delta_1 = \pm 32 \cdot 10^{-7} L$ . Из-за малости эта погрешность не учитывается.

**Погрешности миллиметровой шкалы.** Миллиметровая шкала имеет 1020 делений с интервалом через 0,1 *мм*. Погрешность нанесения делений должна находиться в пределах  $\pm (1 + 1 \cdot 10^{-3}L)$  *мк*. К применению допускаются шкалы, у которых отклонения от номинального расстояния между любыми двумя штрихами не превышают  $\pm 0,5$  *мк*.

Поправки к номинальным значениям каждого интервала шкалы, вносимые в аттестат на данную шкалу, учитываются при определении результата измерения. Определение поправок при аттестации шкал производится с погрешностью до 0,3 *мк*. Следовательно, погрешность измерения, при использовании миллиметровой шкалы, может достигать величины

$$\delta_2 = \pm \sqrt{0,5^2 + 0,3^2} = \pm 0,6 \text{ мк.}$$

**Погрешности дециметровой шкалы.** Использование дециметровой шкалы при измерениях абсолютным методом обычно производится с учетом поправок, полученных в результате аттестации этой шкалы. Следовательно под погрешностью шкалы следует понимать погрешность, вызванную при аттестации шкалы. Согласно инструкции Комитета аттестация дециметровой шкалы производится по концевым мерам длины 3-го разряда. Погрешность аттестации, таким образом, будет равна

$$\delta_3 = \pm (0,2 + 3,5 \cdot 10^{-3}L) \text{ мк,}$$

где  $L$  — длина поверяемого интервала метровой шкалы в *мм*.

**Погрешность показаний оптимера.** Согласно ГОСТу 5405-54 погрешность на оптиметры допускается  $\delta_4 = \pm 0,3$  *мк*. Эта величина и принимается при определении погрешности показаний машины.

**Погрешности, возникающие от измерительного усилия.** Усилие нормируется величиной  $200 \pm 20$  *гс*. В результате приложения усилия при измерении погрешность будет одинаковой, как при установке машины на нуль, так и при измерении меры и

является весьма малой, вследствие чего не учитывается при расчете погрешности машины.

**Погрешности, связанные с неточной юстировкой машины.** Эти погрешности зависят от правильности установки миллиметровой и дециметровой шкал, а также от юстировки обоих коллимационных объективов оптической системы машины.

Плоскость, в которой расположены деления миллиметровой шкалы, должна быть параллельна плоскости перемещения измерительной бабки (направляющим станины), а штрихи шкалы должны быть перпендикулярны направлению ее движения. Параллельность плоскости шкалы с плоскостью, в которой перемещается бабка, определяется наблюдением штрихов шкалы через окуляр. Крайние штрихи должны проектироваться одинаково резко, а края их должны находиться на одной линии в горизонтальной плоскости.

Допустимая разница в четкости изображения штрихов миллиметровой шкалы 0,5 диоптрии. Тем же способом проверяется дециметровая шкала на отсутствие параллакса. Погрешность показаний по этой причине не должна превышать

$$\delta_6 = \frac{0,5 dA}{\beta^2},$$

где  $d$  — линейная величина осевого перемещения окуляра при повороте его на одно деление по диоптрийной шкале, равная 0,416 мм;

$A$  — числовая апертура, равная 0,1;

$\beta$  — увеличение объектива, равное 5,95 $\times$ .

В случае, когда изображение двойного штриха дециметрового интервала не будет находиться на оптической оси системы, в результате того, что существующие оптические методы определения фокусных расстояний ( $F$ ) не обеспечивают требуемой точности (примерно до 0,3 %  $F$ ), возникает погрешность от неравенства  $F$ . Визуально неравенство фокусных расстояний объективов характеризуется смещением двойного штриха относительно центра поля зрения. Фокусные расстояния объективов обычно уравниваются при юстировке машины путем контрольных измерений концевых мер длины при положении двойного штриха в центре поля зрения и при смещении от центра на 1 мм. Допустимая разность результатов измерения в обоих положениях двойного штриха 0,001 мм. Так как допустимое смещение двойного штриха относительно центра поля зрения равно  $\pm 0,3$  мм, то погрешность не должна превышать  $\delta_6 = \pm 0,3$  мк.

### Погрешности, зависящие от неточного отсчета

При совмещении изображений двойных штрихов (биссекторов) дециметровой шкалы со штрихом миллиметровой шкалы последний устанавливается строго симметрично штрихам биссек-

тора. По экспериментальным данным [5], ошибка при неблагоприятных условиях, связанная с неточностью совмещения штрихов, составляет одну шестидесятую расстояния между осями штрихов биссектора. При расстоянии между осями этих штрихов равном 0,012 мм погрешность совмещения будет

$$\delta_7 = \pm \frac{0,012}{60} = \pm 0,2 \text{ мк.}$$

Так как наводку производят дважды (при установке машины на нуль и отсчете при измерении меры), погрешность удваивается и будет равна

$$\delta_7 = \pm 0,2 \sqrt{2} = \pm 0,3 \text{ мк.}$$

При работе с трубкой оптиметра, исходя из практических данных, погрешность отсчета составляет 0,1 мк. Так как отсчет производится дважды, погрешность тоже удваивается:

$$\delta_7' = \pm 0,1 \sqrt{2} = \pm 0,2 \text{ мк.}$$

**Погрешности температурные.** В результате различия масс машины и измеряемых объектов имеет место большая тепловая инерция, которая препятствует полному выравниванию температур машины и поверяемых объектов. Практически разность температур измеряемого объекта и прибора колеблется в пределах от 0,3 до 1 град. В лабораторных условиях можно добиться лучших температурных условий, если поддерживать в помещении постоянную температуру с малыми колебаниями во времени, выдерживая при этой температуре поверяемый объект совместно с прибором.

Допустимые колебания должны находиться в пределах: для длин до 100 мм—0,5°, для измеряемых длин свыше 100 мм—0,3°.

Учитывая коэффициент линейного расширения при нагревании на 1°С равный  $11,5 \cdot 10^{-6}$ , погрешность от разности температур машины и поверяемого объекта определяется:

для длин до 100 мм

$$\delta_8 = \pm 0,5 \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} L_1 = \pm 5,8 \cdot 10^{-6} L_1,$$

для длин свыше 100 мм

$$\delta_8 = \pm 0,3 \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} (L_1 + L_2) = \pm 3,5 \cdot 10^{-6} (L_1 + L_2),$$

где  $L_1$  — длина измерения по миллиметровой шкале в мм,

$L_2$  — длина измерения по дециметровой шкале в мм.

Другой температурной погрешностью измерения является разность коэффициентов линейного расширения металлов, из которых выполнены измерительный прибор и измеряемый объект.

Согласно ОСТу 85000-39 на меры длины концевые плоскопараллельные, отклонения температуры воздуха помещения от нормальной (20°С) при измерении по мерам 3-го разряда длин до 100 мм не должны превышать 1°С, а для мер длиной от 100 до 1000 мм — 0,5°С.

Коэффициент линейного расширения стеклянной миллиметровой шкалы равен  $10,2 \cdot 10^{-6}$ . Так как дециметровая шкала представляет собой стальную линейку с вмонтированными в ней стеклянными пластинами, коэффициенты линейного расширения ее и поверяемой стальной меры будут несколько различаться. Принимая разность коэффициентов линейного расширения дециметровой шкалы и измеряемого объекта равной  $0,5 \cdot 10^{-6}$ , погрешность показаний (при работе в обычных лабораторных условиях) будет:

для длин до 100 мм

$$\delta'_9 = \pm (11,5 - 10,2) \cdot 10^{-6} L = \pm 1,3 \cdot 10^{-3} L \text{ мк,}$$

для длин свыше 100 мм

$$\delta'_9 = \pm (1,3 \cdot 10^{-6} L_1 + 0,5 \cdot 10^{-6} L_2).$$

Суммарная погрешность показаний при измерениях абсолютным методом рассчитывается по известной формуле

$$\delta_{\text{сум}} = \pm \sqrt{\Sigma \delta^2}.$$

Вследствие того, что заводами-изготовителями измерительных машин устанавливаются различные значения составляющих суммарной погрешности, приведена формула суммарной погрешности и ее составляющие в общем виде.

Для измерительных машин отечественного производства предельные значения суммарной погрешности устанавливаются заводом-изготовителем и регламентируются инструкцией по поверке измерительных машин [2].

Ниже следует таблица рассмотренных выше основных составляющих суммарной погрешности измерительных машин типа ИЗМ.

Погрешности	Допустимые отклонения ( $\pm$ ) в мк	
	при измерении длин до 100 мм	при измерении длин свыше 100 мм
$\delta_1$ —компарирования . . . . .	0,5 $L\varphi^2$	0,5 $L\varphi^2$
$\delta_2$ —миллиметровой шкалы . . . . .	0,6	0,6
$\delta_3$ —дециметровой шкалы . . . . .	—	$0,2 + 3,5 \cdot 10^{-3} L$
$\delta_4$ —показаний оптиметра . . . . .	0,3	0,3
$\delta_5$ —возникающие от измерительного усилия . . . . .	$0,5 dA$ $\beta^2$	$0,5 dA$ $\beta^2$
$\delta_6$ —связанные с неточностью юстировки . . . . .	0,3	0,3
$\delta_7$ —зависящие от неточного отсчета . . . . .	0,2	0,2
$\delta_8$ —от разности температур измеряемого объекта и измерительного прибора . . . . .	$5,8 \cdot 10^{-3} L$	$3,5 \cdot 10^{-3} (L_1 + L_2)$
$\delta_9$ —от разности коэффициентов линейного расширения измеряемого объекта и измерительного прибора . . . . .	$1,3 \cdot 10^{-3} L$	$1,3 \cdot 10^{-3} L_1 + 0,5 \cdot 10^{-6} L_2$

Сравнительные данные рассмотренных типов измерительных машин сведены в следующую таблицу:

**Сравнительные данные пределов измерения и предельных погрешностей измерительных машин**

Типы машин и измерительных устройств	Пределы измерения в мм	Предельные погрешности измерения ( $\pm$ ) в мк	
		при абсолютном методе измерений	при относительном методе измерений
Горизонтальный оптиметр с удлиненным валом	0—1000	—	$(0,5+10L)^*$
Концевая оптическая измерительная машина типа ИЗМ с оптиметровой трубкой **	0—1000	Для длин до 100 мм $(0,7+5L)$	$(0,2+3,5L)$
	0—2000		
	0—4000	Для длин св. 100 мм $(0,3+9L)$	
	0—6000		
То же типа Цейсс	0—1000	Для длин до 100 мм $(0,5+5L)$	$(0,3+4L)$
	0—3000		
	0—6000	Для длин св. 100 мм $(0,5+10L)$	
Концевая измерительная машина с передвижной шкалой фирмы SIP	0—1000	$(0,5+8L)$	$(0,5+2L)$
	0—2000		
Концевая измерительная машина ВНИИМ	0—12000	$(1,5+10L)$	$(1+2L)$ — погрешность поверки
Концевая измерительная машина с окулярной головкой двойного изображения фирмы Сименс и Шукерт	0—6000	$(1,3+9,5L+0,7L^2)$	$(0,8+L+0,45L^2)$
Концевая измерительная машина с проекционным устройством фирмы Уоттс	0—2000	$(0,5+5L)$	—
	0—8000		
Измерительная машина с электроконтактным стрелочным устройством фирмы Хоммель-Верке	От 0—1000	Для наружных измерений $(10+10L)$ Для внутренних измерений $(15+11L)$	$(3+6L)$ $(5+7L)$
	до 0—10000		
Измерительная машина „шаговая“ для сравнительных измерений конструкции БВ	0—3000	—	$(1+7L)$
	0—6000		
	0—10000		

\*  $L$  — измеряемая длина в мм.

\*\* Погрешности измерений на машинах типа ИЗМ даны в соответствии с инструкцией 105-55 Комитета, а на остальных машинах в соответствии с литературными и каталожными данными.

### **III. ЮСТИРОВКА И РЕМОНТ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

Эксплуатация и содержание измерительных машин в неблагоприятных условиях может привести к погрешности показаний, превышающей допустимую. Кроме того, в процессе длительной эксплуатации машины при высокой степени загрузки отдельные ее детали и узлы изнашиваются, а прибор разюстируется и становится непригодным к работе.

Естественно, что при таком состоянии машины нельзя производить измерения с необходимой точностью. Такие машины должны подвергнуться юстировке и ремонту.

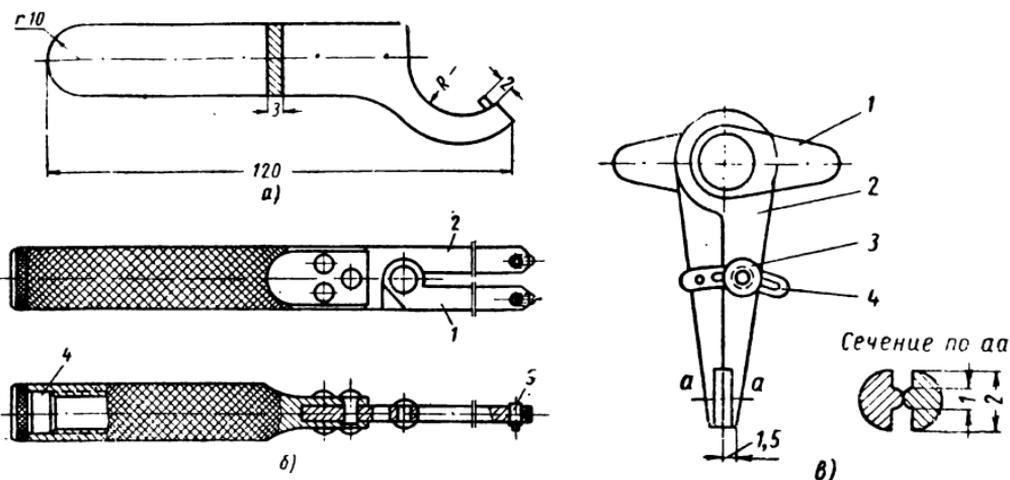
Оптические измерительные машины обычно обладают большими габаритами и весом, затрудняющими их транспортировку. Как правило, в отличие от других приборов восстановление измерительных машин даже при капитальном ремонте производится в помещении, где она используется при эксплуатации. Требования, предъявляемые к помещению, в котором осуществляется ремонт машины, сохраняются такими же, как и для производства измерений и должны соответствовать правилам и инструкциям Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР.

#### **1. Средства и инструменты, необходимые для ремонта и юстировки машин**

Ремонт и юстировка измерительных машин могут быть успешно осуществлены при наличии необходимого инвентаря, соответствующих материалов, юстировочных и поверочных средств. Рабочее место оборудуется массивным столом, покрытым линолеумом. Наиболее важные узлы, особенно содержащие оптические части, после разборки должны храниться в шкафу. Для чистки оптических частей, промывки деталей и узлов машины необходимо иметь бензин 1-го сорта (авиационный), ректифицированный спирт и наркотический эфир. Для смазки требуется обезвоженный ланолин, бескислотный медицинский вазелин, масло часовое, чистый пчелиный воск. В качестве клеящих материалов должны быть пластинчатый шеллак и бальзам. Протирачными материалами должны служить вата длинноволокнистая (глазная), хлопчатобумажные полотенца,

кусок (0,5 м) шелковой ткани, марля, чистые концы пряди и кисточки из тонкого волоса. Все материалы должны быть предохранены от загрязнения и содержаться в чистой посуде (стеклянных банках или флаконах с притертыми пробками, в металлических коробках с крышками и в другой чистой таре).

Разборка, сборка и ремонт машины производится при помощи комплекта нормального слесарно-монтажного инстру-



Фиг. 19.

мента, в котором должны быть плоскогубцы, круглогубцы, раздвижные гаечные ключи, отвертки разных размеров (с шириной лопатки от 0,5 до 20 мм и др.). Кроме того, необходимо иметь комплект специального юстировочного инструмента. Юстировочные ключи, как правило, изготавливаются и подгоняются по месту так, чтобы не портить поверхностей деталей при разборке, сборке и юстировке.

Применяется несколько конструкций специальных юстировочных ключей, различающихся только по размерам применительно к формам и размерам деталей, для которых эти ключи предназначены.

Ключи могут быть изготовлены цельными с ручкой для каждого размера гайки в отдельности (фиг. 19, а) либо универсальными, предназначенными для гаек нескольких размеров.

На фиг. 19, б показан ключ для отвертывания и заворачивания круглых деталей с торца, например, нижней крышки оптиметра, крышек, закрывающих призмы оптиметра и отсчетного микроскопа, гаек, крепящих трубку оптиметра в измерительной бабке, гаек замков и регулируемых осей подшипников оптиметровой бабки и др.

Ключ имеет две губки: подвижную 1 и неподвижную 2, составляющую одно целое с ручкой. В губки ввертываются рабочие стержни 3. Сменные стержни хранятся в полый ручке 4. При необходимости стержни попарно меняют местами.

Третий тип ключа, показанный на фиг. 19, в, используется для отвертывания с торца круглых гаек, углубленных в тело детали, или находящихся в труднодоступных местах, например, ограничительные гайки измерительного стержня трубки оптиметра, микрометрическая гайка трубки пиноли, упорная гайка пружины основного стержня пиноли и др. Ключ снабжен двумя планками 1, которые после применения ключа складываются. Ножки 2 имеют срезы, позволяющие отвертывать гайки с боковыми шлицами.

Закрепление в нужное положение производится при помощи гайки 3 и скобы 4.

Наиболее удобным является универсальный ключ, показанный на фиг. 20, а. Он состоит из корпуса 1, выполненного из двух щек, соединенных между собой заклепками. На щеках имеются накладки из пластмассы. Внутри корпуса помещен подпружиненный рычаг 2. В корпус вставляются сменные головки-ключи 3. Для этого головка боком заводится в корпус так, чтобы вырезом своим попасть на штифт 4 и затем выравнивается вертикально. При этом подпружиненный рычаг закрепляет ключ в заданном положении (I).

Чтобы отделить головку ключа от корпуса, достаточно небольшого нажима (через вырез) на подпружиненный рычаг. В корпусе этого ключа могут также закрепляться отвертки 5 разных размеров.

Если при отвертывании винта требуется значительное усилие, то отвертку закрепляют сбоку корпуса (положение II). Для этого служит штифт 6 и второй фиксирующий упор рычага.

Формы головок-ключей и размеры одной из них приведены на фиг. 20, б, в, г.

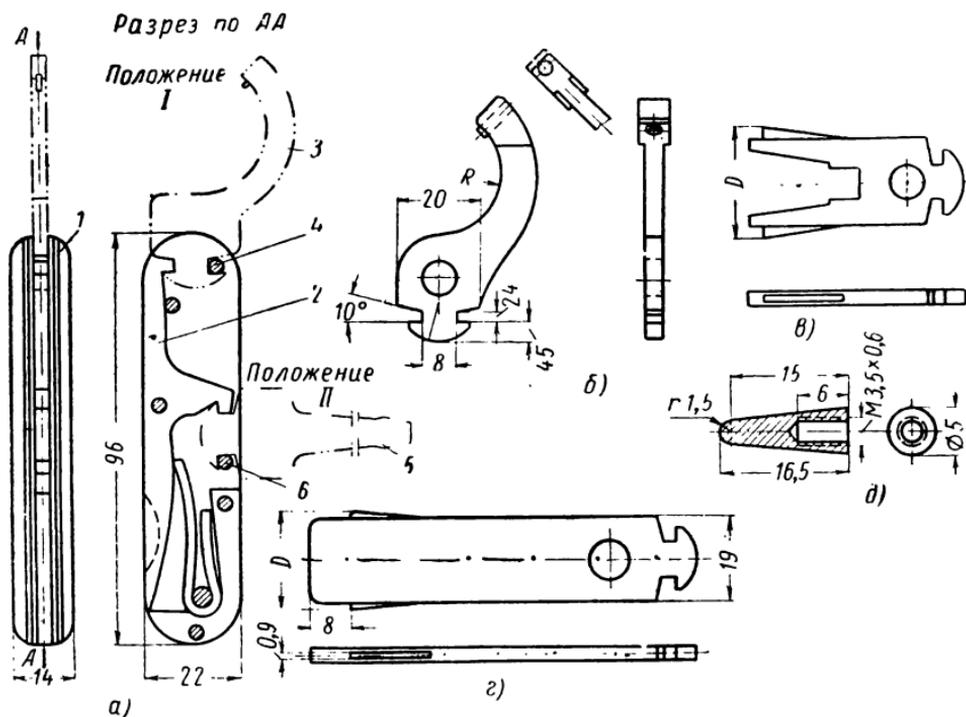
Кольцевые головки-ключи (фиг. 20, б) предназначены для отвертывания круглых гаек и деталей, имеющих отверстия по периферии: например, соединительного кольца окулярной головки трубки оптиметра ( $R=15,5$  мм) и отсчетного микроскопа ( $R=18$  мм); диоптрийного кольца трубки оптиметра ( $R=14$  мм) и отсчетного микроскопа ( $R=15,5$  мм); гайки, крепящей юстировочную головку на ходовом стержне пиноли ( $R=13$  мм); гайки, крепящей трубку пиноли в бабке ( $R=8$  мм); кольца объектива с призмой ( $R=28$  мм) и др.

Плоские ключи (фиг. 20, в) предназначены для отвертывания гайки, крепящей втулку колебательной системы оптиметра ( $D=24$  мм). Ключ, изображенный на фиг. 20, г, предназначен для отвертывания гайки, крепящей объектив трубки оптиметра ( $D=23$  мм).

Конусная втулка (фиг. 20, д) используется при сборке юстировочной головки пиноли.

Некоторые ключи, при необходимости изготавливаются в процессе работы по месту.

Перед разборкой и юстировкой производят тщательную поверку машины по всем элементам с целью определения объема ремонтных и юстировочных работ, необходимых для восстановления прибора в соответствии с установленными нормами точности.



Фиг. 20.

Для поверки машины требуются следующие нормальные и специальные средства:

1) Концевые меры 4-го разряда или первого класса для поверки показаний трубки оптиметра.

2) Концевые меры 3-го разряда для поверки миллиметровой шкалы.

3) Концевые меры 3-го разряда или цилиндрические меры (жесткие штихмасы), размерами от 100 до 1000 мм с интервалами через 100 мм, аттестованные в качестве мер 3-го разряда для поверки шкалы с дециметровыми интервалами.

4) То же — 2-го разряда для поверки шкалы с дециметровыми интервалами длиной свыше 1000 мм шаговым методом.

5) Гладкие калибры — кольца диаметром 20—60 мм.

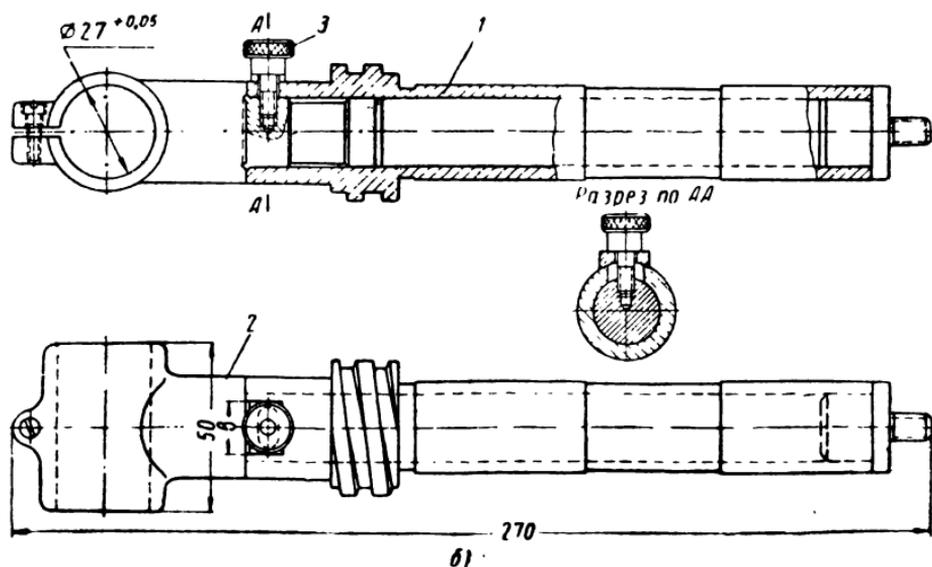
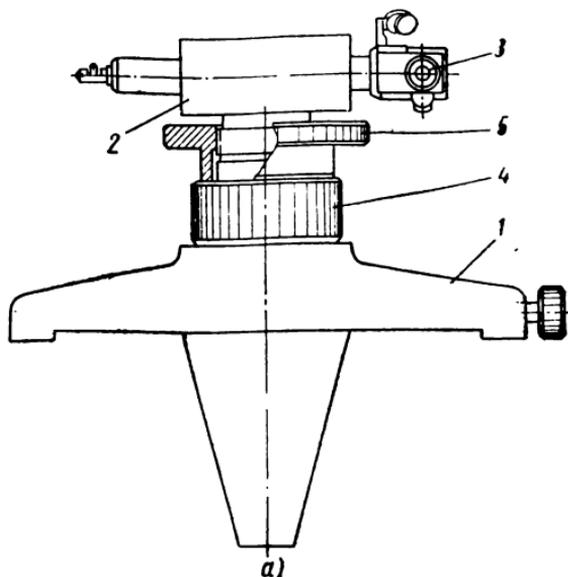
6) Уровни рамные или слесарные с ценой деления 0,02 мм/мм и 0,06 мм/мм.

7) Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм.

8) Рычажно-зубчатая головка или микрокатор с ценой деления 0,001 мм.

9) Стойка индикатора, щупы и другие нормальные инструменты.

10) Вспомогательная измерительная бабка (фиг 21, а) для проверки показаний машины длинной более 1000 мм шаговым методом. Для этого можно использовать один из прилагаемых к машине люнетов. Из основания 1



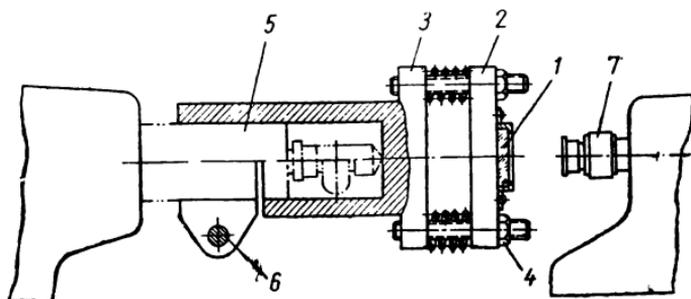
Фиг. 21. Вспомогательная измерительная бабка:  
а — общий вид; б — державка

бабки вынимают направляющий шток с призматической роликовой опорой и взамен закрепляют державку 2, в которую зажимают трубку оптиметра 3. Державка может перемещаться в осевом направлении кольцом 4. Закрепление державки в заданном положении производится контргайкой 5. Державку

целесообразно изготовить в паре с гайками 4 и 5. Конструкция державки показана на фиг. 21, б.

Перемещением штока 1 с державкой 2 в вертикальной плоскости и поворотом державки (от руки) в горизонтальной плоскости (в пределах ширины *b* прорези в державке) и подъемом штока 1, устанавливают трубку оптиметра относительно оси измерения. Закрепление державки осуществляют винтом 3.

11) Вспомогательный упор конструктивно аналогичен вспомогательной бабке (фиг. 21, а). Вместо трубки оптиметра в державке закрепляют трубку пиноли или другое устройство, имеющее приспособление для центрирования наконечников.



Фиг. 22.

В случае использования люнетов в качестве дополнительных бабок, установку концевых мер осуществляют на универсальном предметном столе со смонтированной на ней линейкой с двумя регулируемыми опорами: призматическими — для измерения объектов круглого сечения и цилиндрическими — для измерения объектов прямоугольного сечения.

12) Автоколлиматор для контроля прямолинейности направляющих станины. При этом может быть использован любой коллиматор с фокусным расстоянием более 250 мм с отсчетным окулярным микрометром ценой деления равной 0,01 мм и регулируемое зеркало (фиг. 22). Зеркало 1 установлено на регулируемом платике 2, помещенном на корпусе 3. Регулировка зеркала производится на винтах гайками 4. Узел зеркала закрепляется на трубке пиноли 5, винтом 6, а коллиматор устанавливается на направляющих станины. Вместо зрительной трубы автоколлиматора можно применить имеющуюся на машине трубку оптиметра с вынутой из нее колебательной системой. Однако трубку оптиметра в таком виде для точных измерений еще невозможно использовать из-за большого фокусного расстояния и сравнительно грубой цены деления (35''), которая определяется из соотношения

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{2F},$$

где  $a$  — интервал между делениями шкалы оптиметра, равный  $0,06$  мм,  
 $F$  — фокусное расстояние объектива оптиметра, равное  $178,52$  мм,  
 $\alpha$  — угловое значение интервала деления.  
Поставив известные значения в эту формулу, получим  $\alpha \approx 35''$ .

Повышение точности отсчета достигается при помощи специальной насадки 7 с фокусным расстоянием более  $250$  мм, монтируемой на трубку оптиметра, взамен вынутого из нее объектива. При этом получается цена деления, равная  $10''$ , благодаря чему возможна проверка прямолинейности направляющих станины с достаточной точностью.

13) Динамометр пружинный (типа безмена) оттарированный на усилие от  $150$  до  $1500$  гс с интервалом через  $50$  гс. Динамометр применяется для определения радиального люфта измерительного стержня трубок оптиметра и пиноли.

14) Динаметр Рамсдена представляет собой трубку с линзой (лупу), имеющую стеклянную шкалу, устанавливаемую на резкость осевым перемещением линзы. Динаметр применяется для определения степени увеличения системы. Для проверки совпадения оптических осей, установленных на машине узлов, вместо шкалы можно установить окулярную сетку с несколькими концентричными окружностями. Динаметр устанавливают перед окуляром, фокусируют окулярную сетку.

Если отверстие объектива свободно, его изображение совмещают с изображением окружности окулярной сетки, фокусируя изображение отверстия объектива передвижением динаметра.

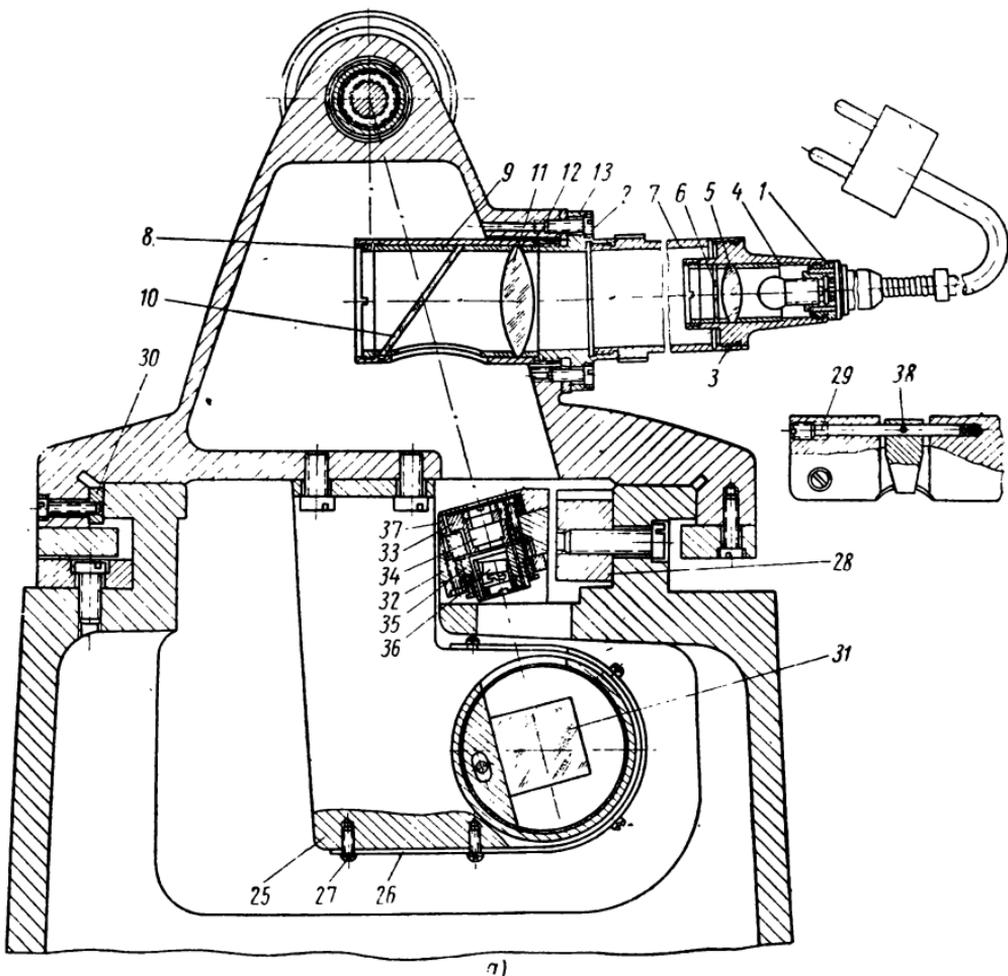
15) Образцовые измерительные наконечники сферические и плоские (по одной паре), которые применяются в целях сбережения их от быстрого износа, только для проверки машины.

У сферических наконечников отклонение от правильной формы сферы допускается не более  $1$  мк. На рабочей поверхности не должно быть пористости и выколок. Чистота рабочей поверхности должна быть не ниже 12-го класса по ГОСТу 2789-59. Неплоскостность рабочей поверхности плоских наконечников не должна превышать  $0,1$  мк, чистота поверхности не ниже 12-го класса.

Проверка машины должна производиться при следующих условиях колебаний температур: допустимые отклонения температуры окружающего воздуха и измеряемых объектов (от  $20^\circ\text{C}$ ) должны быть в пределах  $\pm 1^\circ$ ; скорость изменения температуры во времени (за один час)  $0,3^\circ$ ; допустимая разность температур в пространстве (в разных точках помещения)  $0,3^\circ$ ; допустимая разность температур окружающего воздуха и машины  $0,3^\circ$ .

## 2. Порядок разборки и сборки узлов машины

Выше установлено, что измерительная машина состоит из нескольких смонтированных на станине узлов. Каждый из них можно снять и разобрать без съема со станины других узлов. В свою очередь, при юстировке и ремонте какого-либо узла ма-



Фиг. 23. Пинольная бабка  
а — поперечный разрез; б — продольный разрез;

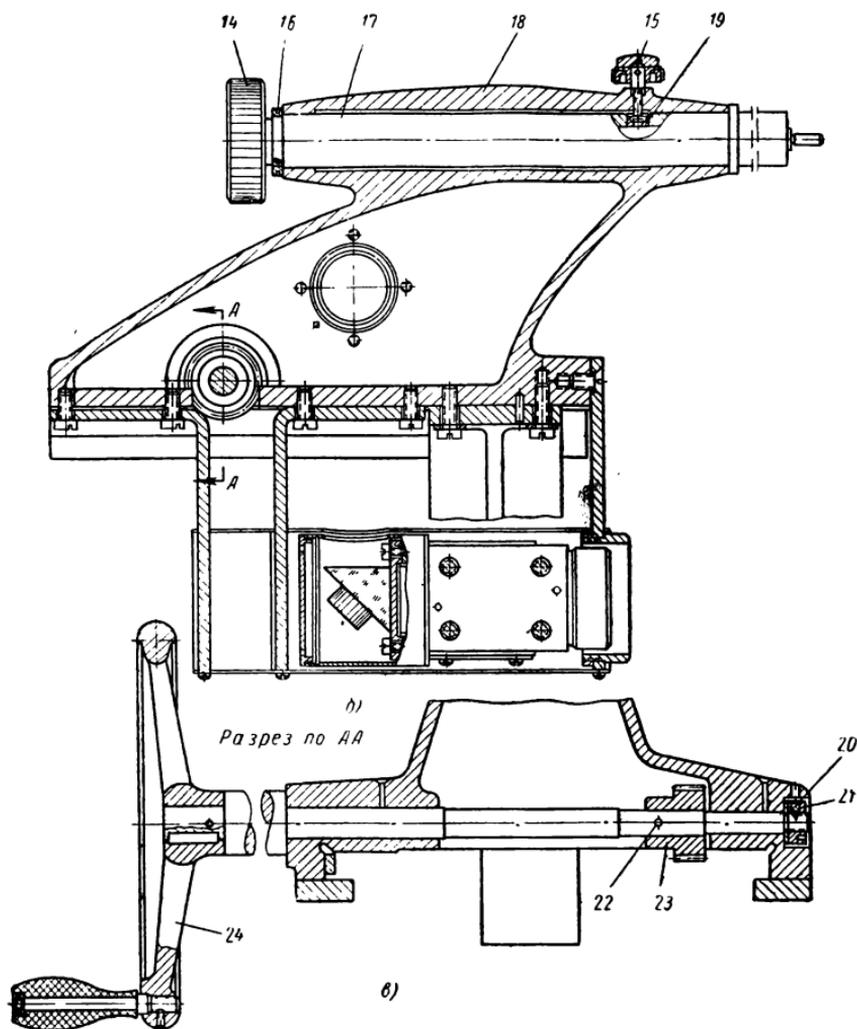
шины, он может быть разобран лишь частично, в то время как другие части узла могут оставаться нетронутыми.

Например, можно ремонтировать и произвести юстировку трубки оптиметра, не трогая других частей (отсчетного микроскопа, коллимационного объектива и др.), измерительной бабки.

Как правило, нужно разбирать наименьшее число узлов машины и одновременно вести разборку лишь одного узла.

Ниже излагается порядок полной разборки узлов машины, если в этом возникнет необходимость.

**Разборка пинольной бабки (фиг. 23).** Сначала отвертывают патрон *1* (фиг. 23, *а*) с лампочкой и шнуром, затем вывертывают четыре винта *2* и снимают осветительную систему. Ослабив стопорный винт *3*, можно отвернуть ключом оправу *4* с конденсор-



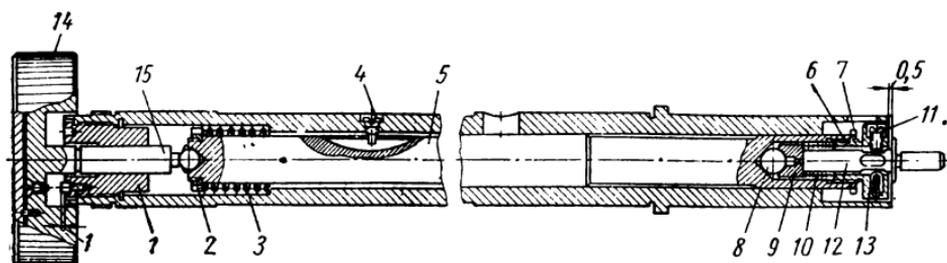
измерительной машины ИЗМ:

*в* — привод для продольного перемещения

ной линзой *5* и светофильтром *6*. Затем отвертывают удлинительную трубку *7*, кольцо *8* и, сделав пометку положения втулок *9*, вынимают их совместно с зеркалом *10*, линзой *11* и юстировочным кольцом *12*. Фланец *13* можно не трогать. Если требуется чистка только линзы *5* и светофильтра *6*, то (при отвернутом ранее патроне *1*) достаточно отвернуть оправу *4*, не разбирая остальных частей узла. Далее отвертывают маховик *14* (фиг. 23, *б*) с микровинтом пиноли. В маховике содержится

Фрикционное устройство, предохраняющее стержень трубки оптиметра от излишне больших осевых усилий, при вращении микровинта пиноли. После этого отвертывают стопор 15 ходового стержня пиноли, гайку 16 и вынимают трубку пиноли 17 из кронштейна 18. Повернув трубку, вынимают из нее прижим с упором 19 и производят дальнейшую разборку трубки пиноли, показанную на фиг. 24.

Для этого отвертывают микрометрическую гайку 1, кольцо 2, вынимают пружину 3, вывертывают винт 4 и движением направо вынимают ходовой стержень 5 с шариком и головкой 6 меха-



Фиг. 24. Трубка пиноли

низма юстировки наконечника. Освободив гайку 7, вывертывают головку 6 юстировочного механизма и вынимают шарик 8. Отвернув опору 9, снимают пружину 10, вывертывают два юстировочных винта 11, вынимают измерительный стержень 12 и две втулки 13 с пружинами.

При сборке пиноли требуется: между буртом стержня 12 и торцом головки 6 оставить зазор в пределах 0,5—0,8 мм. Зазор возникает от осевого перемещения головки 6 по резьбе ходового стержня 5. После регулировки положение головки 6 фиксируют контргайкой 7; головки юстировочных винтов 11 после сборки пиноли устанавливать против отверстий в трубке; при сборке стержня 12 с головкой 6, чтобы избежать задиров на поверхности втулок 13 и для облегчения сборки, пользуются защитным конусным наконечником (см. фиг. 20, д), который наворачивается на стержень 12 взамен опоры 9; все детали пиноли смазать вазелином.

После разборки пиноли снимают со станины пинольную бабку, кладут ее на стол на бок (осторожно, чтобы не повредить коллимационный объектив) и производят ее дальнейшую разборку. Снимают маховик 24 (фиг. 23, в). Для этого отвертывают стопорный винт 20, гайку 21 и снимают шайбу. Затем вынимают шпильку 22 и, придерживая рукой зубчатое колесо 23, вынимают из бабки вал с маховиком 24 и зубчатым колесом и отделяют маховик от вала. Разборка других частей бабки (подпружиненной планки, указателя с осью и др.) не представляет затруднений.

У пинольной (и измерительной) бабки не рекомендуется разбирать объектив и кронштейн 25 (фиг. 23, а) с держателями.

Систировка объектива достаточно удобна после удаления кожуха 26, для чего отвертывают крепящие его винты 27.

**Разборка измерительной бабки (фиг. 25).** Особая осторожность требуется при разборке, юстировке и ремонте измерительной бабки, несущей на себе основные измерительные узлы машины. К разборке измерительной бабки следует прибегать только в исключительных случаях. Практически, необходимость в разборке бабки возникает редко. Разборку бабки, как упомянуто выше, следует производить по отдельным частям. Полная одновременная разборка бабки никогда не вызывается необходимостью. При разборке необходимо соблюдать нижеследующий порядок.

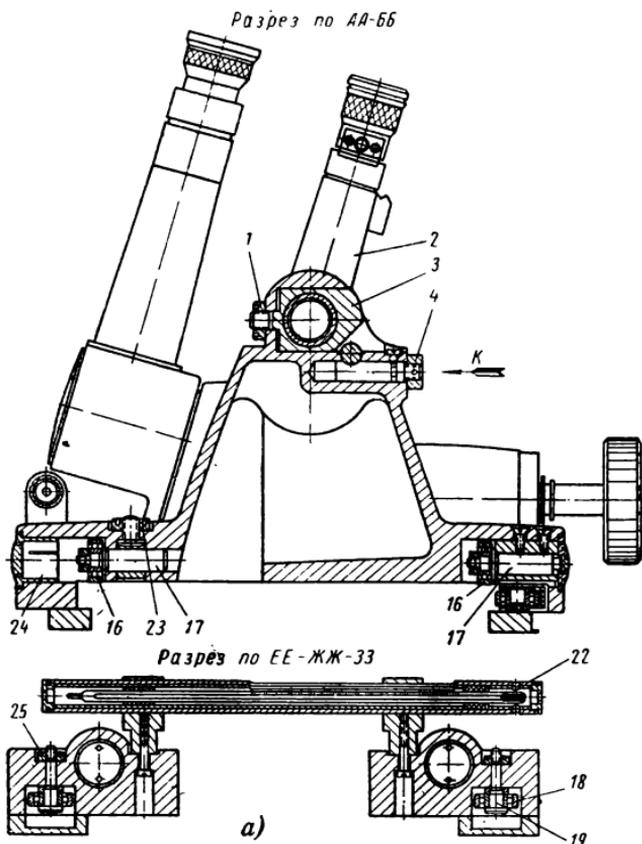
Отвертывают гайку 1 (фиг. 25, а) и вынимают из бабки трубку оптиметра 2, и зажимную втулку 3. Через отверстие рычага 4 с ограничителем арретира отвертывают винт 5 и снимают рычаг 4 с арретиром; загнутой отверткой вывертывают винты 6 (фиг. 25, б) и вынимают фланец 7 совместно с узлом, в который входит зубчатое колесо механизма быстрого перемещения бабки. Этот узел состоит из собственно зубчатого колеса 8, связанного с рейкой 10. Зубчатое колесо составляет одно целое с осью 9, проходящей через эксцентрическую втулку 11. Ось колеса жестко соединена с маховиком 12. Втулка 11 жестко закреплена во фланце гайкой 13. Маховик 12 оснащен фрикционным устройством, подобным имеющемуся в маховике микровинта пиноли (фиг. 24). Это устройство предохраняет измерительный стержень трубки оптиметра от чрезмерных осевых усилий при перемещении бабки маховиком.

Отвернув четыре винта 14 (фиг. 25, б), можно снять отсчетный микроскоп 15. Бабка снабжена шарикоподшипниками: опорными 16 (фиг. 25, а) с эксцентрическими осями 17; боковыми 18 с эксцентрическими осями 19; боковыми 20 (фиг. 25, в) с подпружиненными держателями 21. Разборка их не затруднена. Дальнейшая разборка отдельных частей измерительной бабки (узла указателя и др.) нецелесообразна.

**Разборка трубки оптиметра.** В связи с тем, что оптическая система трубки оптиметра не связана с оптической системой машины, разборка трубки может быть произведена без опасения нарушить положение ее относительно оптических частей машины. Однако при разборке ее требуется соблюдать осторожность.

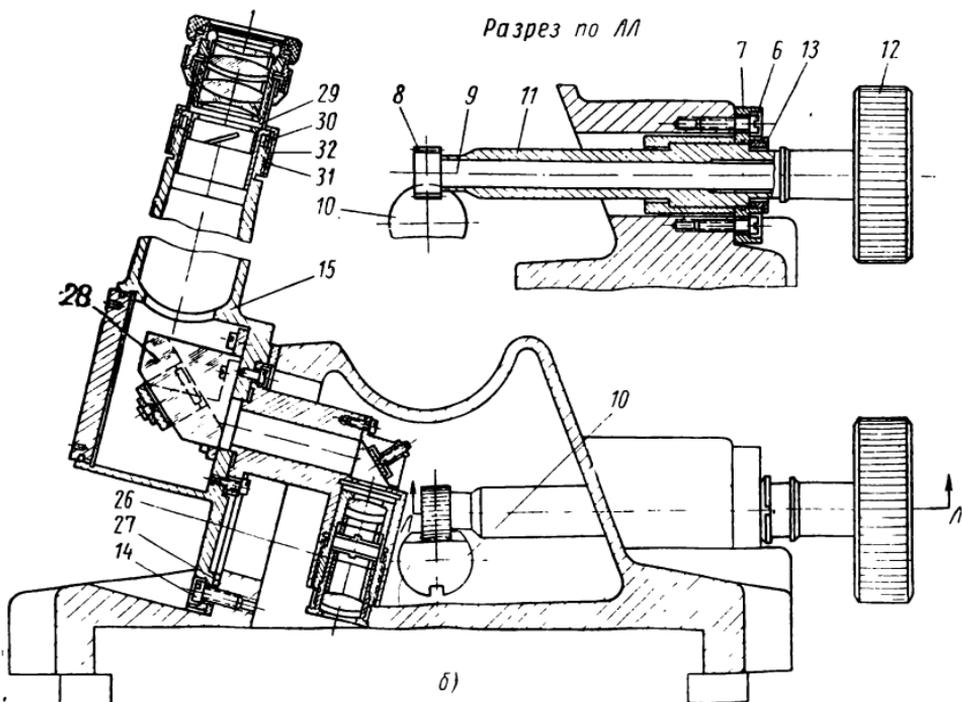
Трубка оптиметра состоит из следующих основных узлов: окулярной головки, призмы с оправой, объектива и колебательной системы. Трубки отечественного изготовления встречаются двух типов, отличающихся конструкцией окулярных головок.

У новой модели трубки оптиметра окулярная головка оснащена указателями пределов допусков, выполненными в виде цветных стеклянных шторок, видимых в окуляр. Эти трубки



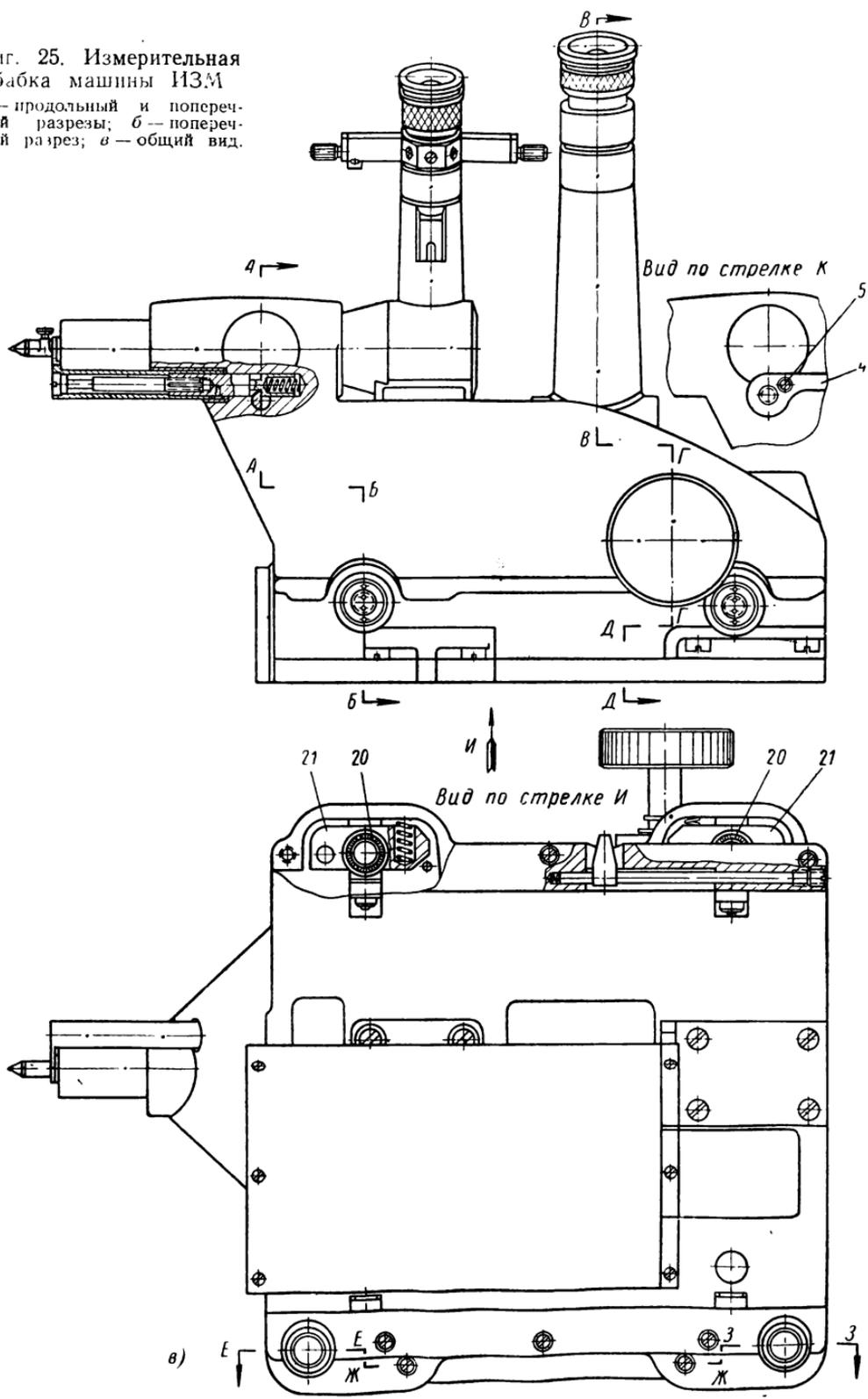
Разрез по ВВ-ГГ-ДД

Разрез по ЛЛ



Фиг. 25. Измерительная  
бабка машины ИЗМ

а — продольный и поперечный  
разрезы; б — поперечный  
разрез; в — общий вид.



удобны при измерениях в массовом производстве. На машинах они применяются реже, так как машины обычно используются в лабораторных или в близких к ним условиях для единичных измерений.

Однако ввиду того, что трубки с цветными шторками все же применяются на машинах, ниже излагается порядок разборки трубок оптиметров и старой и новой модели.

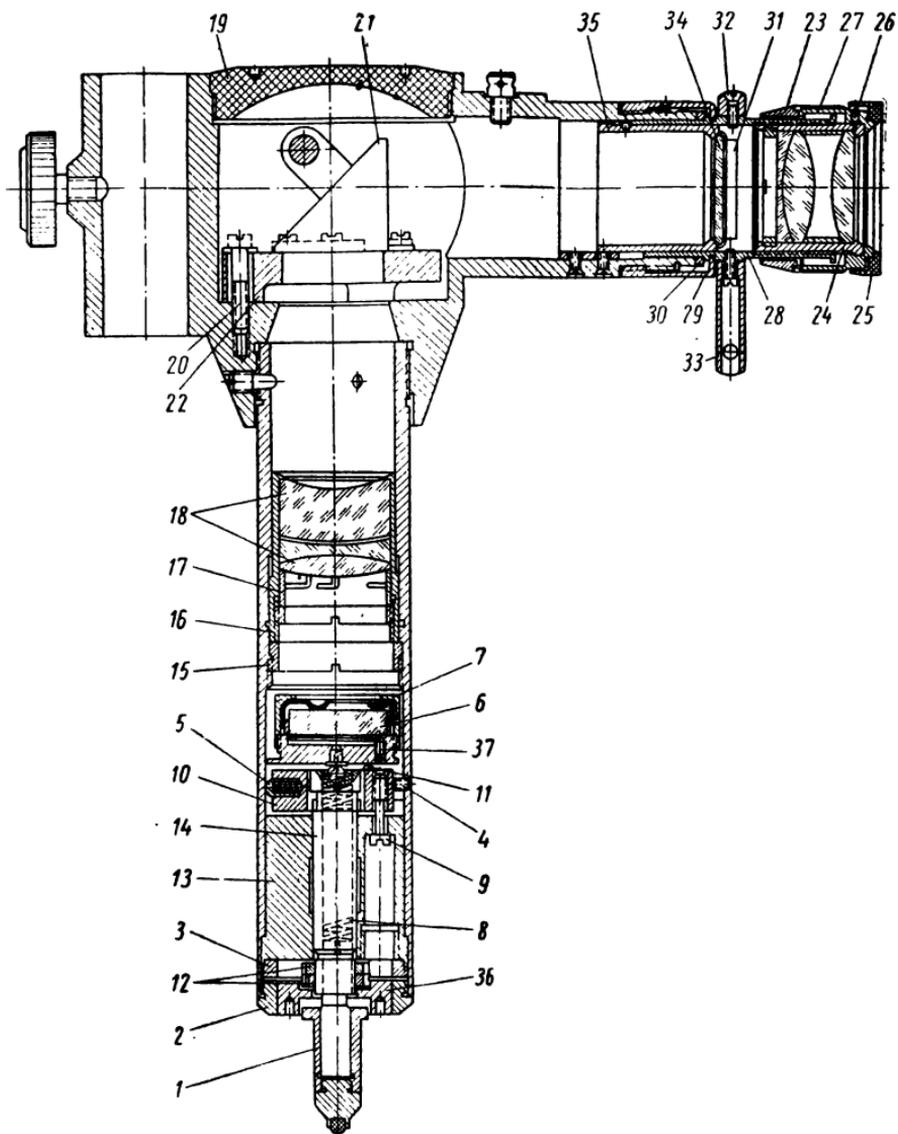
На фиг. 26 изображена трубка без шторок. При разборке отвертывают наконечник 1, крышку 2, кольцо 3, юстировочный винт 4 и вынимают колебательную систему, следя за тем, чтобы не выпала втулка 5 с пружиной. Колебательную систему разбирают так: снимают зеркало 6 с оправой 7, предварительно сняв с боковых шпилек две пружины 8, отвертывают два винта 9, снимают подпятник 10 с двумя шариками 11, отвертывают две ограничительные гайки 12, затем винт на торце втулки 13, снимают шпонку (на фигуре не видно), и вынимают измерительный стержень 14. После разборки, чистки и сборки колебательной системы, не устанавливая ее на место, приступают к разборке объектива. Для этого отвертывают кольцо 15 и вынимают объектив в оправе 16. Отвернув кольцо 17, вынимают прокладные кольца и линзы объектива 18. При этом помечают карандашом (на периферии линз) их взаимное положение. После чистки объектив собирают и устанавливают на место, а затем устанавливают колебательную систему.

Далее отвертывают крышку 19, последовательно вывертывают три винта 20 и снимают призму 21, помещенную в оправу 22. Установив призму с оправой после чистки и проверки на место, разбирают окулярную головку. Для этого отвертывают диоптрийное кольцо 23 (резьба левая), вывертывают окуляр 24, отвертывают наглазник 25, три винта 26 и снимают кордовое кольцо 27; разжав немного диоптрийное кольцо, снимают его с тубуса 28. Затем отвертывают стопорный винт и соединительное кольцо 29; снимают тубус окуляра с трубки и вынимают юстировочное кольцо 30. После этого отвертывают два винта и вынимают светопроводящую пластину 31 с призмой; отвертывают три винта 32, снимают рамку 33 и кольцо 29. Затем вынимают шкалу 34, помещенную в оправу 35, отвернув предварительно стопорный винт.

Детальная разборка перечисленных частей трубки оптиметра может производиться и в другой последовательности. Так, например, можно начать разборку с окулярной головки или с призмы, закончив колебательной системой, либо ограничиться разборкой одной из частей трубки.

При разборке окулярной головки с цветными шторками (фиг. 27) отвертывают два винта 2 (показаны пунктиром), вывертывают головку 3 и снимают ее вместе с планкой 5. Затем отвертывают ограничительный (и шпоночный) винт 1 и, не поворачивая оправы 10, вынимают ее со шторкой 4. Таким же об-

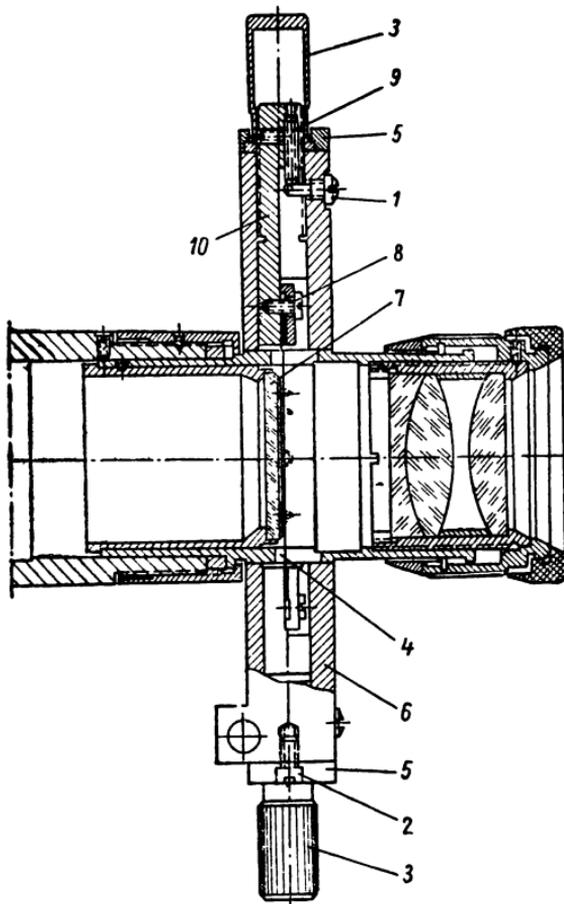
разом разбирают противоположную часть рамки 6. Следует помнить, что малейший поворот оправы 10 повлечет за собой поломку шторки. Дальнейшую разборку окулярной головки производят также, как и у обычной трубки оптиметра.



Фиг. 26. Трубка оптиметра машины ИЗМ

При сборке трубки оптиметра нужно следить за тем, чтобы усилия обеих пружин 8 (фиг. 26), возвращающих зеркало 6 в исходное положение, были одинаковыми. Закрепление оправы призмы 21 в трубке винтами 20 должно производиться постепенно.

**Разборка миллиметровой шкалы.** Миллиметровая шкала 1 (фиг. 28) разделена на 1020 частей через 0,1 мм. Штрихи шкалы тонкие ( $5 \pm 1$  мк), чернение (запуск) их трудоемкое. Кроме этого, в случаях, когда шкала нанесена с погрешностью более допустимой, чем  $\pm(1+1 \cdot 10^{-3}L)$  покрывное стекло 2 может



Фиг. 27.

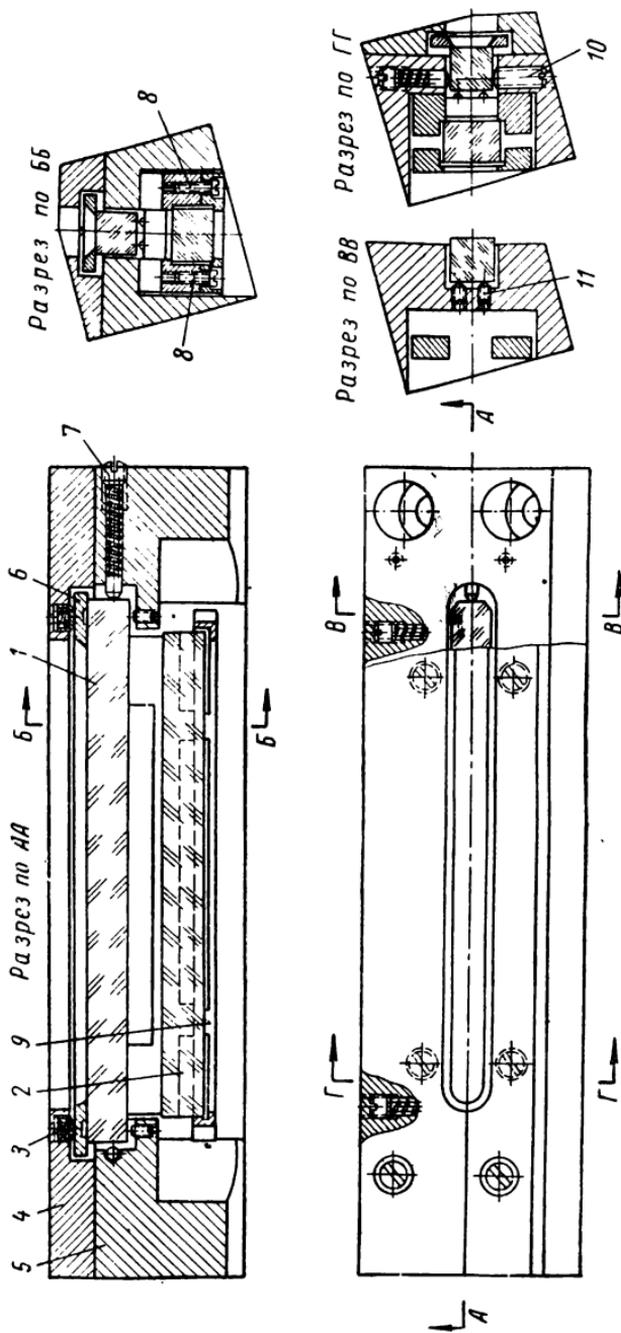
быть не плоскопараллельным, а клинообразным, либо выполненным по радиусу. Вследствие этого установка шкалы при сборке может в какой-то степени влиять на ее точность. Поэтому к разборке шкалы следует прибегать лишь в крайних случаях.

Чтобы вынуть шкалу, отвертывают четыре винта 3, крепящие крышку 4 к оправе 5 (следя за тем, чтобы не выронить пружины с колпачками), затем четыре винта, крепящие оправу 5 к станине; отвертывают винты, крепящие прижим 6 и снимают его. Затем освобождают винты 7 с пружинами и колпачками и вынимают шкалу. Шкалу можно вынуть и не снимая оправы со станины.

Чистку покрывного стекла можно производить не вынимая шкалы

из оправы, однако если необходимо вынуть стекло, переворачивают оправу, отвертывают винты 8, снимают оправу 9 и вынимают стекло, сделав при этом сбоку четкую пометку ее первоначального положения. Следует помнить, что в некоторых машинах малейшее смещение покрывного стекла может привести к погрешности показаний. Положение винтов 10, предназначенных для юстировки шкалы в горизонтальной плоскости и винтов 11 для юстировки шкалы в вертикальной плоскости, не рекомендуется нарушать в целях сохранения базы для быстрой и правильной установки шкалы на место при сборке.

**Разборка узла микрометрической подачи измерительной бабки.** Измерительную бабку 7 (фиг. 16) отделяют от рейки 8 освобож-



Фиг. 28. Миллиметровая шкала машины ИЗМ

дают гайку 9, вывертывают маховик 10 с микровинтом 1, отвертывают и снимают фланец 11 с резиновым амортизатором 6 и вынимают рейку 8 с пружиной 13; отвертывают винт 5, вынимают ось 12 рычага 2 и снимают этот рычаг. Другие части снимать со станины нецелесообразно. При сборке микровинт 1 может не войти в отверстие вследствие того, что сухарь 3 опустится. Тогда чистым деревянным или медным стержнем через отверстие под винт 1 сухарь поднимают и микровинт легко войдет на свое место.

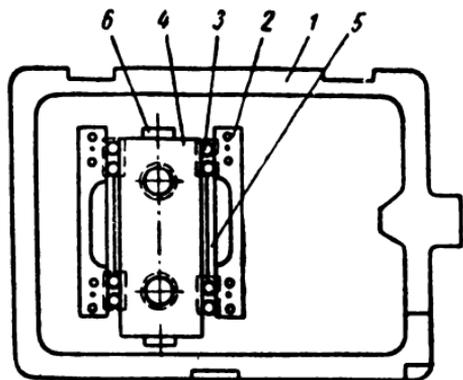
**Разборка универсального стола.** Отвертывают винт и снимают колонку 39 (фиг. 15). Затем узел стола снимают со станины машины и кладут его на верстак предметной плавающей плитой вниз. Отвертывают стопорный винт, затем гайку 6 (фиг. 17, а) из направляющей гильзы 7 и вынимают из колонки 8 амортизатор 9 (трубка с пружиной). Отвертывают три винта 10 и снимают шпонку 11 со шпилек. Далее отвертывают в углублении основания 12 механизма наклона стола четыре винта и снимают основание совместно с двумя шарикоподшипниками 5 и ограничителями 3 и 4. Установив узел стола в нормальное положение (плавающей плитой вверх), вынимают шпильку и снимают маховик 2 (фиг. 17, б), а затем, отвернув два винта, снимают фланец совместно с эксцентрической осью и зубчатым колесом 13 (фиг. 17, а) механизма вертикального перемещения стола. После этого можно вынуть из направляющей гильзы 7 стол с колонкой 8.

На основании 12 механизма наклона стола смонтирован стопорный стержень 3 (фиг. 17, б) с головкой 4, закрепляющих колонку 8 стола (фиг. 17, а) и стопор 5 (фиг. 17, б), крепящий стол на станине. Отвернув спереди стопор 34 (фиг. 15) наклона стола, можно снять с корпуса качающуюся площадку 14 (фиг. 17, а) с направляющей гильзой 7. Далее отвертывают головку 4 (фиг. 17, б) стопора, вынимают сухарь 6, затем шпильку и снимают рычаг 7 стопора и стопорный стержень 3. После этого снимают стопор 5 и маховик 33 (фиг. 15) с эксцентричной осью и с зубчатым колесом 15 (фиг. 17, а) механизма наклона стола.

Чтобы разобрать стол, отвертывают снизу три винта 16 и снимают кронштейн с зубчатым колесом и головкой 17 поперечного перемещения поворотной плиты 18 с предметной плавающей плитой 1. После этого можно, выдвигая из направляющих плиты 18 колонку 8 с основанием стола 2 и ласточкиным хвостом 19, отделить плиту 18 от основания 2.

Затем отвертывают головку 8 (фиг. 17, б), служащую для установки стола в горизонтальное положение в поперечном направлении, а также четыре винта, крепящие планку 9, и осторожно снимают ее так, чтобы не растерять четыре пружины 10. После этого отвертывают снизу основания 2 стола (фиг. 17, а) по два винта с каждой стороны (на чертеже не видно) и отделяют от основания два сухаря с осью механизма регулировки

стола в горизонтальной плоскости и планку с колонкой 8. Затем отделяют ласточкин хвост от планки с колонкой 8, предварительно отвернув три винта. Потом отвертывают четыре винта и отделяют поворотную плиту 18 от плавающей плиты. Разборка плавающей плиты может понадобиться только в случае необходимости в ремонте направляющих. Узел плавающей плиты состоит из собственно плиты 1 (фиг. 29), направляющих 2, плавающей планки 4, перемещающейся на шариках 3 (по четыре штуки с каждой стороны). Шарiki удерживаются на своих местах сепараторами 5. На плавающей планке 4 смонтированы два резиновых амортизатора 6, предохраняющих планку 4 от ударов в крайних положениях ее, и дополнительный подпружиненный амортизатор, применяемый при установке на стол измеряемых тяжелых деталей, а также две ампулы уровней, оси которых направлены в продольном и поперечном направлениях.



Фиг. 29.

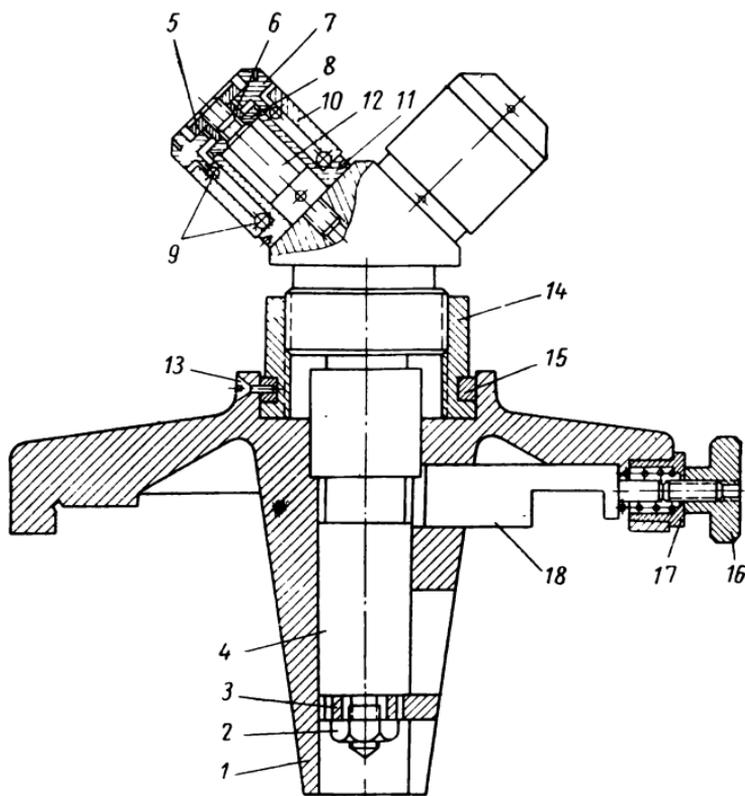
**Разборка люнета.** Снимают люнет со станины, отвертывают шестигранную гайку 2 (фиг. 30), снимают шпонку 3 и вынимают кверху колонку 4 из основания 1 люнета. При разборке ролика отвертывают гайку 5, снимают втулку 6 и накладку 7, отвертывают гайку 8 и осторожно, чтобы не рассыпать шарики 9 (сверху и снизу по 19 шт.) снимают ролик 10 и эксцентрик 11 с оси 12. Затем отвертывают четыре винта 13, снимают гайку 14, отметив положение дужек 15. Потом отвертывают гайку 16 и три винта, снимают фланец 17 с пружиной и вынимают сухарь 18.

### 3. Ремонт и юстировка узлов машины

**Устранение дефектов станины.** У станины машины на направляющих необходимо удалить коррозию и ликвидировать забоины, удалить коррозию с нерабочих поверхностей станины, не имеющих защитного лакового покрытия. Кроме того, должны быть проверены: положение станины в горизонтальной плоскости, прямолинейность рабочих плоскостей направляющих станины в продольном направлении, а также прямолинейность и взаимное положение обеих направляющих станины в поперечном направлении.

На направляющих станины не должно быть глубоких следов износа, препятствующих нормальной работе машины. Коррозия зачищается соответствующей шкуркой, а забоины и следы износа удаляются шабрением. При этом нужно следить за тем, чтобы не нарушить прямолинейности станины.

Положение станины в горизонтальной плоскости проверяют уровнем с ценой деления 0,05 мм/м. Юстировка станины осуществляется при помощи регулируемых опор 6 (фиг. 15). Вращая опоры, наблюдают за положением пузырька ампулы уровня, установленного на станине. Допустимое отклонение направляющих станины от горизонтальной плоскости должно быть в пределах 0,08 мм/м.



Фиг. 30. Люнет машины ИЗМ

Непрямолинейность направляющих станины проверяют при помощи автоколлиматора. Проверка прямолинейности направляющих в горизонтальной плоскости производится при помощи слесарного уровня, установленного поперек станины на специальной плите. Ориентировочную (текущую) поверку можно производить при помощи рамного уровня, устанавливаемого после каждого перемещения бабки на трубку пиноли, либо на контрольную оправку, закрепленную в бабке вместо трубки пиноли.

При работе с автоколлиматором совмещают изображение отраженного от зеркала перекрестия с изображением перекрестия окулярной сетки. Перемещая бабку по направляющим станины последовательно на длину 200—300 мм, наблюдают смещение нитей одного перекрестия относительно другого

Величина смещения оценивается по барабану отсчетного устройства автоколлиматора либо по шкале трубки оптиметра. На основании полученных данных строят в масштабе кривые, характеризующие прямолинейность направляющих станины.

Отклонение направляющих от прямолинейности допускается только в сторону выпуклости и не должно превышать: в горизонтальной плоскости  $0,08 \text{ мм/м}$  ( $16''$ ); в вертикальной плоскости  $0,15 \text{ мм/м}$  ( $30''$ ).

Рабочие поверхности обеих направляющих станины должны лежать в одной плоскости. Отклонение от этого условия допускается в пределах  $0,016 \text{ мм}$  на ширине  $200 \text{ мм}$  ( $16''$ ).

Перемещая измерительную бабку при неподвижной пинольной бабке, определяют прямолинейность ее хода. Допустимое отклонение от прямолинейности не должно превышать указанных выше допусков на длину равную  $100 \text{ мм}$ .

Допуски в угловой мере остаются постоянными для станин длиной до  $6000 \text{ мм}$ .

При отклонениях, превышающих указанные, непрямолинейность устраняют шабрением. Число пятен после шабрения должно быть не менее шести на площади в  $1 \text{ см}^2$ .

Причинами возникновения непрямолинейности направляющих являются их загрязнение и износ, а также износ рабочих поверхностей пинольной бабки и шарикоподшипников  $16$  и  $18$  (фиг. 25 а) измерительной бабки.

При ремонте станины необходимо следить за тем, чтобы после шабрения поверхности направляющих станины были параллельны базовым поверхностям, несущим дециметровую и миллиметровую шкалы. Проверка производится при помощи рычажно-зубчатой головки (микромер) с ценой деления равной  $0,001 \text{ мм}$  и пределами измерения  $\pm 0,05 \text{ мм}$ . Отклонение от параллельности этих поверхностей допускается не более  $0,01 \text{ мм}$  по всей длине станины. Непараллельность устраняют шабрением направляющих.

У шарикоподшипников  $18$  и  $16$  проверяют радиальное биение, которое не должно превышать: у подшипников  $25$  —  $0,02 \text{ мм}$ , а у подшипников  $26$  —  $0,03 \text{ мм}$ . При большем биении подшипники необходимо заменить новыми.

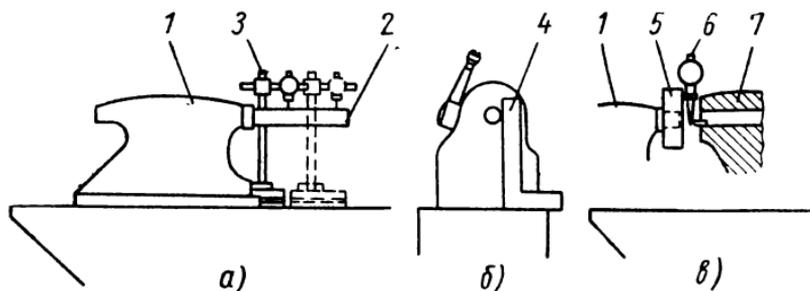
При устранении дефектов станины проверяется также работа узла микрометрического перемещения измерительной бабки. Перемещение микрометрического винта  $1$  (фиг. 16) должно быть плавным без люфта. Плавность перемещения и выборка люфта обеспечивается промывкой винта бензином и смазкой резьбы ланолином.

При закреплении микрометрического винта стопорным винтом допустимое изменение показания не должно превышать  $5 \text{ мк}$ . Отклонение может возникнуть вследствие загрязнения и (реже) вследствие износа гладкой части микровинта. Тщатель-

ной промывкой в бензине и смазкой ланолином отклонение устраняют.

Если причиной изменения показания при закреплении винта является его значительный износ, то следует захромировать цилиндрические пояски гладкой поверхности микровинта. Но это целесообразно только при отсутствии овальности и конусности у поясков.

Движение измерительной бабки при вывертывании микровинта должно происходить плавно без скачков. Плавность перемещения обеспечивается пружиной 13. Нечеткость действия ее требует правки или замены этой пружины.



Фиг. 31.

Измерительная бабка должна перемещаться в крайнее правое положение без удара, при этом длина перемещения должна перекрывать крайний штрих миллиметровой шкалы не менее чем на 1 мм. Чтобы бабка не ударялась при крайнем положении ее, резиновый амортизатор 6 должен выступать, но настолько, чтобы допускать перемещение бабки на заданную длину по шкале. Если амортизатор негоден, его следует заменить.

Перемещение бабки по рейке 8 должно быть плавным. Тугой, неплавный ход и скачки возникают вследствие перекоса, загрязнения и забоин на зубьях рейки (или шестерни бабки). Устранение этих дефектов производится промывкой и правильной установкой рейки, устранением забоин (бархатным надфилем) и смазкой вазелином.

**Устранение дефектов бабок.** Несовпадение осей отверстий под трубки пиноли и оптиметра проверяют после ремонта станины.

Сначала проверяют параллельность оси отверстия пинольной бабки направляющим станины. Взамен пиноли в бабке 1 (фиг. 31, а) закрепляют контрольную оправку 2 с вылетом не менее 100 мм. На станину устанавливают штатив 3, на котором закрепляют индикатор часового типа с ценой деления равной 0,01 мм. Индикатор приводят в контакт с образующей оправки в начале и конце ее. Разность показаний по шкале индикатора, характеризующая непараллельность оси отверстия бабки направляющим станины, не должна превышать 0,03 мм на длине

100 мм. Параллельность устраняется шабрением опорных поверхностей бабки. Взаимное смещение осей трубок пиноли и оптиметра в горизонтальной плоскости можно проверить при помощи угольника 4 (фиг. 31, б). Угольник устанавливают на станину и контактируют с наиболее выступающей точкой образующей (отправки, трубки пиноли или трубки оптиметра), затем подводят к угольнику образующую противоположной трубки и определяют щупом зазор между образующей и поверхностью угольника.

Проверку можно также осуществить следующим образом: вынимают трубку оптиметра из бабки и сближают пинольную и измерительную бабки. Пинольная трубка (или оправка, вставленная взамен трубки) должна легко войти в отверстие измерительной бабки. В целях получения абсолютной суммарной величины смещения осей трубок оптиметра и пиноли используют закрепленную в бабке контрольную оправку с буртом (фиг. 31, в). На оправку надевают хорошо шлифованный по месту к оправке держатель 5 рычажного индикатора 6 с ценой деления равной 0,01 мм. Индикатор контактируют с образующей отверстия измерительной бабки 7 и, вращая держатель 5 на 360°, определяют по шкале индикатора величину смещения осей трубок оптиметра и пиноли. Взаимное смещение осей пиноли и оптиметра в обеих плоскостях не должно превышать 0,05 мм.

Юстировку бабки в вертикальной плоскости производят поворотом эксцентрических осей 17 (фиг. 25, а) передней и задней пар подшипников 16. Юстировку бабки в горизонтальной плоскости производят поворотом осей только одной пары подшипников 18 (находящихся со стороны термометра 22). При юстировке подшипников 16 последовательно освобождают гайки 23 и вынимают крышки 24. Юстируя подшипники 18, освобождают гайки 25 (находятся под оправой термометра), подводят бабку к левому краю станины и, поворачивая ключом ось 19 подшипника, смещают бабку в горизонтальной плоскости. При этом люфт механически выбирается подпружиненными подшипниками 20 (фиг. 25, в). После юстировки все четыре подшипника 16 должны касаться направляющих станины. Проверка производится покачиванием бабки. При этом усилие прикладывается сверху бабки на углах ее. Проверку производят также при помощи щупа толщиной 0,03 мм, прокладываемого между подшипником и станией.

Перемещение измерительной бабки в свободном состоянии (не присоединенной к рейке) должно быть легким и плавным. Это достигается промывкой и смазкой подшипников вазелиновым маслом или тонким слоем вазелина, промывкой и смазкой вазелином рейки 10 (фиг. 25, б) и зубчатого колеса 8. Зацепление зубчатого колеса с рейкой должно быть плотным, маховик 12 не должен иметь значительного окружного люфта (не более

1/50 оборота маховика). Надлежащее зацепление зубчатой пары достигается поворотом эксцентричной втулки 11 с лежащей в ней осью зубчатого колеса. Предварительно освобождают гайку 13 и кольцевым ключом, накинутым на шейку втулки (на которой имеются два отверстия для этой цели), поворачивают втулку до получения плотного зацепления и плавности перемещения бабки. Осевой люфт маховика 12 устраняют при помощи шайбы, помещенной на стыке маховика и втулки.

Перемещение пинольной бабки должно быть плавным, зубчатая пара должна работать без скачков (окружной люфт не более 1/50 оборота маховика). Проверку производят от руки. Слишком тугий и неплавный ход бабки возникает вследствие загрязнения направляющих станины и бабки и зубчатой пары, забоин на зубьях рейки 28 (фиг. 23, а) и зубчатого колеса 23 (фиг. 23, в); окружной люфт возникает вследствие неправильного положения зубчатого колеса относительно рейки; осевой люфт — вследствие износа торцов шайбы и оси зубчатого колеса.

Сначала все части промывают бензином, протирают чистыми концами и тряпкой и смазывают вазелином. Если ход бабки происходит скачками, то исследуют зубчатую пару и, если обнаруживают забоины, то осторожно заглаживают их надфилем. Нормальное зацепление зубчатой пары и устранение окружного люфта достигаются осевым перемещением колеса 23 (на 3—5 мм). Для этого вынимают шпильку 22 и запрессовывают ее во вновь высверленное отверстие в оси либо немного поднимают рейку за счет зазора между диаметрами винта, которыми крепится рейка к станине и отверстиями в ней. Осевой люфт маховика 24 с осью зубчатого колеса можно устранить, затянув гайку 21. Предварительно освобождают стопорный винт 20.

Положение индекса 38 (фиг. 23, а) пинольной бабки относительно штрихов вспомогательной шкалы должно соответствовать положению штрихов таких же значений дециметровой шкалы, которые должны наблюдаться в середине поля зрения, определяемого по штриху целого числа миллиметровой шкалы. Одновременно проверяют положение индекса на измерительной бабке относительно какого-либо штриха вспомогательной миллиметровой шкалы. Оно должно соответствовать положению штриха аналогичного значения стеклянной шкалы. Отклонения для миллиметровой и дециметровой шкал не должны превышать 0,3 мм в каждую сторону от середины поля зрения. Установка индекса у пинольной бабки в нужное положение производится винтом 29. Установка индекса у измерительной бабки производится таким же путем, ввиду идентичности регулировочных устройств у обеих бабок.

Посадка пинольной бабки на станине должна быть плотной, без ощутимого от руки бокового люфта (качки). Проверку производят покачиванием бабки. Боковой люфт устраняют увели-

чением усилия лрижима подпружиненной планки 30 к станине (фиг. 23, а).

**Устранение неравномерности освещения.** Предварительно включают лампочку машины в сеть и наблюдают в микроскоп (через динаметр) форму зрачка выхода всей оптической системы. При отсутствии динаметра можно использовать лупу 5—10 $\times$  при помощи которой рассматривают в окуляр зрачок выхода, который должен быть круглым без срезов. При неправильном положении осветительной системы зрачок выхода будет овальным или неполным (срезан). Наблюдая через динаметр (или лупу) неравномерность освещения, устраняют ее поворотом всей осветительной системы на винтах 2 (фиг. 23, а) или поворотом на резьбе тубуса с зеркалом 10, отвернув перед этим стопорный винт. В редких случаях (главным образом после разборки коллимационного объектива) юстировку можно производить небольшим поворотом оправы прямоугольной призмы 31 в пинольной бабке. Освещение поля зрения микроскопа должно быть равномерным. На размерах свыше 2000 мм допускается на краю поля зрения незначительное потемнение.

**Юстировка миллиметровой стеклянной шкалы.** У миллиметровой шкалы проверяется чистота стеклянной пластины шкалы и покрывного стекла, параллельность плоскости штрихов шкалы, плоскости перемещения бабки, параллельность оси делений шкалы направлению движения измерительной бабки и погрешность показаний шкалы.

Чистота миллиметровой шкалы и покрывной пластины проверяется наблюдением в окуляр отчетного микроскопа при медленном перемещении бабки. Заполнение штрихов должно быть равномерным по всей длине. Не допускаются разрывы по длине штрихов и цифр на миллиметровой шкале вблизи штрихов на расстоянии, равном расстоянию между обоими штрихами дециметровых делений, в поле зрения микроскопа не должно быть видно ни одной точки любого происхождения (пыль, волоски, смазка и др.). Подтеки смазки или частички ее, видимые даже на краях шкалы в поле зрения, не допускаются. В остальной части поля зрения микроскопа допускаются не более 10 точек размером до 0,008 мм. Наличие дефектов в поле зрения более указанного, требует их устранения тщательной чисткой. При необходимости (если имеются поврежденные штрихи) требуется произвести перезапуск (чернение) поврежденных штрихов.

Чистка покрывной пластины (в том числе поверхности пластины, противоположной плоскости шкалы) производится чистым авиационным бензином, эфиром или спиртом. Поверхность штрихов следует сначала попробовать чистить сухой длинноволокнистой ватой (для этого можно использовать глазную вату), намотанной на деревянную заостренную палочку. Касание ваткой должно происходить лишь с небольшим нажимом.

Иногда для чистки шкалы достаточно двух-трех быстрых движений пальцем, туго обтянутым лоскутом чистого белого шелкового полотна.

Если имеет место повреждение штрихов на больших участках, производят перезапуск шкалы. В этом случае пластина промывается серным эфиром. После просушки стекло укладывают на папиросную бумагу, расстеленную на чистом столе. Запуск производится газовой сажой, выпускаемой в тубиках в смеси с коллоидальным графитом в виде зерен, который отмучивают в воде в течение, примерно, 15 мин. (величина зерен 1—2 мм).

Газовая сажа в незначительном количестве наносится в трех-четыре места шкалы и затем тщательно растирается пальцами равномерно по поверхности, на которой нанесены штрихи шкалы. Затем набирают на палец немного тонкого графитового порошка и растирают его поверх слоя газовой сажи, втирая таким образом смесь в штрихи шкалы. Избыток смеси снимают легким касанием руки, проводя ею несколько раз по стеклу, лежащему на столе. После удаления избытка запуска стекло приобретает прозрачный серый цвет.

Потом производят чистку шкалы сухими цинковыми белилами (в порошкообразном виде), отмученными в воде. Для этого сухим куском ваты снимают с поверхности шкалы пыль, набирают пальцем белила и растирают легкими быстрыми движениями по шкале, счищая этим грязь. После чистки качество запуска шкалы тщательно рассматривают на инструментальном микроскопе и, если оно удовлетворяет предъявляемым требованиям, стекло ставят в термостат. Температура сушки не должна превышать 130—140° в течение 8—12 час. Превышение температуры не допускается во избежание возможного изменения размеров шкалы (целесообразнее увеличить время сушки). После сушки шкалу окончательно чистят серным эфиром.

Если поврежден лишь небольшой участок шкалы, то, наблюдая в микроскопе, осторожно производят запуск штрихов этого участка и после просушки в термостате чистят шкалу эфиром. Запущенные таким путем шкалы обладают высокой устойчивостью во времени. При чистке миллиметровой шкалы следует помнить, что стекло, на котором наносятся штрихи, весьма чувствительно к загрязнению эмульсией и другими жидкостями и легко может быть повреждено.

Плоскость штрихов миллиметровой шкалы должна быть параллельной плоскости перемещения измерительной бабки (не должна иметь перегиба в вертикальной плоскости). Поэтому необходимо убедиться в том, что шкала находится в фокальной плоскости объектива отсчетного микроскопа. Для этого окуляр устанавливают на нулевое деление по диоптрийному кольцу и наблюдают шкалу. Если изображения штрихов видны с одинаковой резкостью, значит шкала находится в фокусе объектива

микроскопа. Если же они видны недостаточно отчетливо и одинаково резко по всей длине шкалы, это значит, что шкала не в фокусе объектива. Этот дефект устраняют перемещением микрообъектива 26 (фиг. 25, б) отсчетного микроскопа. Юстировка микроскопа приведена ниже (см. стр. 71).

Если нулевой и сотый штрих наблюдаются неодинаково резко, это значит, что плоскость штрихов шкалы непараллельна плоскости движения измерительной бабки по станине. Видимая на глаз, разнофокусность изображений крайних штрихов миллиметровой шкалы не допускается. Устранение разнофокусности производят при помощи юстировочных винтов 11 (фиг. 28). Для этого бабку устанавливают на нулевой или первый штрих миллиметровой шкалы, слегка освобождают зажим винтов 3, крепящих крышку 4 оправы шкалы, и, освещая снизу лампочкой (можно использовать лампочку от машины, отвернув патрон от осветителя), тонкой отверткой вращают винты 11, находящиеся под этим участком. Затем закрепляют крышку 4 и снова убеждаются в резкости изображения штрихов. Затем бабку перемещают на 99-й или 100-й штрих и определяют наличие разнофокусности, а вращением окуляра — ее величину. Если разнофокусность не исправлена, то снова освобождают винты крышки и вращают противоположный юстировочный винт 11. После закрепления винтов крышки несколько раз перемещают бабку на крайние штрихи шкалы и, наблюдая в окуляр, убеждаются в отсутствии разнофокусности.

При фокусировании шкалы замечают число диоптрии, на которое переместился окуляр. Одновременно замечают направление, по которому сместился окуляр. При этом исходят из того, что шкалу при юстировке требуется переместить в направлении, противоположном направлению осевого перемещения окуляра, т. е., если окуляр при фокусировании заворачивали, то шкалу следует поднять. Величину перемещения шкалы, необходимого для установки ее в надлежащее положение, легко определить из того, что смещение окуляра на одну диоптрию приблизительно равно в линейной мере 0,4 мм. Если шкалу требуется опустить, то винты 11 отвертывают и слегка нажимают на шкалу палочкой, с намотанной на ее конце чистой ваткой.

В целях ускорения процесса юстировку целесообразно производить, установив шкалу на стол универсального или инструментального микроскопа, наблюдая за результатами юстировки в окуляр микроскопа.

Оправу со шкалой помещают на подставку со скосом, как у оправы стомиллиметровой шкалы и с прямоугольным отверстием длиной 100 мм (по длине шкалы). Подставку устанавливают на стол микроскопа параллельно продольному ходу стола.

После юстировки, если шкала окажется (при нулевом положении окуляра по диоптрийному кольцу) не в фокусе объек-

тива отсчетного микроскопа, между оправой шкалы и станиной помещают фольговую прокладку соответствующей толщины.

Ось делений миллиметровой шкалы должна быть параллельна направлению движения оптиметровой бабки. Проверку производят совмещением с небольшим просветом изображения нулевого штриха миллиметровой шкалы с одним из штрихов биссектора дециметровой шкалы. Затем, переместив бабку, совмещают сотый штрих миллиметровой шкалы с тем же штрихом биссектора. Отклонение миллиметрового штриха относительно штриха биссектора допускается в пределах до 0,02 мм на длине равной 100 мм. В поле зрения микроскопа эта величина составляет приблизительно пятикратную ширину изображения миллиметрового штриха (около 1,5 мм).

Юстировку миллиметровой шкалы можно произвести с точностью до 0,01 мм, что в угловой мере составляет величину  $\varphi = 20''$ . Погрешность показаний при таком перекосе не будет превышать

$$\delta L = L \frac{\varphi^2}{2} = \frac{100 \cdot 0,00001^2}{2} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ рад.},$$

что является малой величиной, которой можно пренебречь.

Перекося шкалы устраняется юстировочными винтами 10 (фиг. 28), находящимися спереди оправы. Предварительно отворачивают винты 3, для ослабления нажима крышки на шкалу.

После юстировки миллиметровой шкалы нужно убедиться в надежности закрепления оправы на станине, крышки к оправе.

Так как оправы шкалы не имеет антикоррозионного защитного покрытия, ее тщательно протирают чистой марлей, смоченной в бензине, затем насухо протирают полотняной салфеткой и смазывают тонким слоем вазелина.

Погрешность показаний миллиметровой шкалы поверяется по концевым мерам 3-го разряда в точках 0—25, 0—50 и 0—100 мм. Запись наблюдений производится по форме, предложенной в инструкции 105-55 Комитета. Погрешность показаний стомиллиметровой шкалы не должна превышать  $\pm (0,7 + 5 \cdot 10^{-3}L)$  мк, где  $L$  — длина поверяемого интервала шкалы в мм.

Обычно, стеклянная миллиметровая шкала машины аттестуется при ее выпуске. Периодическая поверка шкалы производится только в целях выявления механических повреждений, которые могут нарушить точность шкалы. Поверка же точности шкалы после ремонта и юстировки, особенно, если шкала подвергалась разборке, является обязательной, так как возможные смещения покрывного стекла при сборке также могут нарушить точность показаний миллиметровой шкалы.

После сборки миллиметровой шкалы, если длина ее отличается от номинала в пределах более чем  $\pm 0,0013$  мм, применяют не плоско-параллельное покрывное стекло, а сферическое

положительное или отрицательное, или клиновое, в зависимости от знака и характера погрешности.

Корректировка производится за счет изменения расстояния от поверхности сферического стекла до шкалы. Расстояния (ориентировочно) определяются из соотношения

$$a = 1928\delta,$$

где  $\delta$  — погрешность аттестованной шкалы в данной точке.

Таким образом, устранение возникшей после юстировки погрешности показаний при отсчете по миллиметровой шкале, превышающей допустимую, в некоторой степени достигается перемещением покрывного стекла или может быть произведено путем изготовления нового покрывного стекла. В обычных условиях (на неспециализированном заводе) это связано со значительными затруднениями.

**Юстировка отсчетного микроскопа.** При проверке отсчетного микроскопа необходимо убедиться, что резкость изображения миллиметровой шкалы при нулевом положении диоптрийного кольца окуляра (при нормальном зрении наблюдателя) и одновременно резкость правой и левой сторон шкалы в поле зрения окуляра отсчетного микроскопа являются удовлетворительными.

Необходимо также проверить параллакс миллиметровой и дециметровой шкал, положение изображений миллиметровой и двойных штрихов дециметровой шкал относительно середины поля зрения микроскопа и форму зрачка выхода окуляра.

Изображение штрихов миллиметровой шкалы при нулевом положении окуляра отсчетного микроскопа по диоптрийному кольцу должно быть резким. Нерезкость изображения штрихов, как было сказано выше, устраняется при помощи юстировочных винтов 11 (фиг. 28) либо при помощи прокладки, помещенной под оправу шкалы, либо осевым перемещением оправы микрообъектива 26 (фиг. 25, б) по резьбе.

При юстировке (особенно объективом) предварительно определяют по направлению перемещения окуляра при фокусировании приблизительную величину и направление, по которому требуется переместить шкалу (или микрообъектив).

Измерительную бабку (при юстировке объективом) снимают со станины, осторожно кладут на бок, освобождают кольцо 27 и перемещают микрообъектив 26 в нужном направлении. Затем снова устанавливают бабку на станину и наблюдают миллиметровую шкалу. Если еще имеет место нерезкость изображения штрихов шкалы, бабку опять снимают и слегка поворачивают микрообъектив.

Операция повторяется до полного устранения дефекта, после чего, сняв бабку, закрепляют микрообъектив кольцом 27, устанавливают бабку на место и снова проверяют качество изображения штрихов миллиметровой шкалы.

Правая и левая стороны миллиметровой шкалы должны быть одинаково резко видны в поле зрения микроскопа.

Незначительным наклоном микроскопа на винтах 14 (фиг. 25, б) добиваются такого положения его, при котором резкость правой и левой сторон шкалы будет одинаковой. Эта операция обычно производится при сборке новой измерительной машины, и положение микроскопа фиксируется двумя шпильками. Однако дефекты могут возникнуть вследствие удара, некачественной сборки, натяжений, полученных после закрепления частей в процессе сборки и юстировки машины.

При смещении изображений штрихов миллиметровой и дециметровой шкал относительно середины поля зрения производят незначительный наклон микроскопа в поперечном направлении. Для этого ослабляют винты 14 и между фланцем и тубусом микроскопа 15 помещают фольговую прокладку. После надежного закрепления проверяют правильность положения шкалы относительно середины поля зрения.

При наблюдении в окуляр и перемещении глаза относительно окуляра не должно быть заметного смещения штрихов миллиметровой шкалы относительно изображения двойного штриха дециметровой шкалы.

Параллакс не должен превышать 0,5 деления по шкале диоптрийного кольца окуляра микроскопа, определяемого при фокусировании окуляра на штрихи миллиметровой и дециметровой шкал.

Наличие параллакса устраняется осевым перемещением окулярной головки 29 (фиг. 25, б) при помощи юстировочного прокладного кольца 30. Для этого отвертывают стопорный винт 31, вывертывают кольцо 32 и, наблюдая в окуляр, перемещают окулярную головку. Высота кольца может быть определена по величине перемещения окуляра. Если головку нужно поднять, то к имеющемуся кольцу добавляют еще одно кольцо или заменяют его другим, высота которого окончательно подгоняется по месту. Если кольцо требуется уменьшить, то его шлифуют или изготавливают другое кольцо.

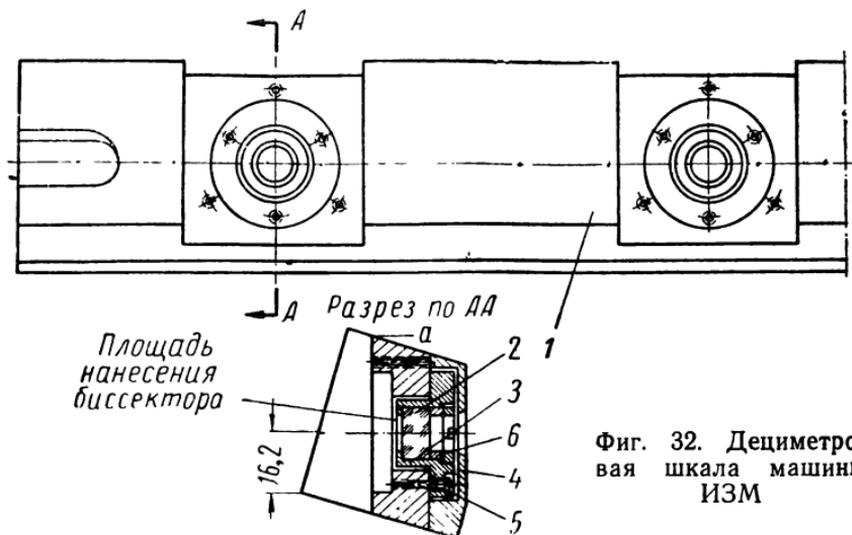
Торцы кольца должны быть хорошо шлифованы, непараллельность торцов не должна превышать 0,01 мм. После установки окулярной головки на место и надежного закрепления ее на тубусе микроскопа убеждаются в отсутствии параллакса.

По техническим условиям завода-изготовителя допускается некоторая разница в контрастности между черной окраской штрихов миллиметровой шкалы и двойными штрихами дециметровой шкалы, оцениваемой на глаз. Кроме этого, одновременно резкая видимость изображений штрихов миллиметровой шкалы и биссекторов дециметровой шкалы обеспечивается в центре поля зрения микроскопа (в зоне  $\pm 0,3$  мм от середины поля зрения). В остальной части поля зрения допускается

менее резкое изображение штрихов, также определяемое на глаз.

Дефекты окуляра микроскопа и меры по их устранению проводятся при рассмотрении дефектов трубки оптиметра, так как они аналогичны.

**Юстировка дециметровой шкалы.** Дециметровая шкала представляет собой стальную линейку 32 (фиг. 23, а). На ней сверху закреплена оправа 33 со стеклянными пластинами 34, на которые нанесены биссекторы. Снизу находятся оправы 35 с клиновидными стеклами 36 (у последних моделей машин отечествен-



Фиг. 32. Дециметровая шкала машины ИЗМ

ного производства стекла 36 плоско-параллельные). Клиновидные стекла являются защитными. Кроме того, поворотом их вокруг оси в небольших пределах можно устранить погрешность показаний на данном интервале дециметровой шкалы (особенно у машин Цейсс). Линейка закрыта сверху накладкой 37. Конструкция дециметровой шкалы показана на фиг. 32.

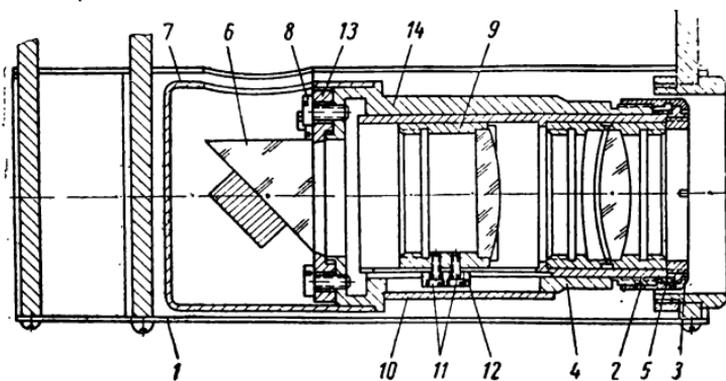
Двойные штрихи биссекторов 2 дециметровой шкалы 1 должны одинаково резко наблюдаться в поле зрения окуляра отсчетного микроскопа. Окуляр фокусируют до получения наибольшей резкости изображения штрихов какого-либо биссектора и, перемещая пинольную бабку по всей дециметровой шкале, наблюдают в окуляр за качеством изображения всех биссекторов.

Если изображение штрихов какого-либо биссектора видно менее отчетливо, чем других, следует под его оправу 3 поместить фольговую кольцевую прокладку на участке *a*, либо несколько протшлифовать или пришабрить опорную поверхность оправы.

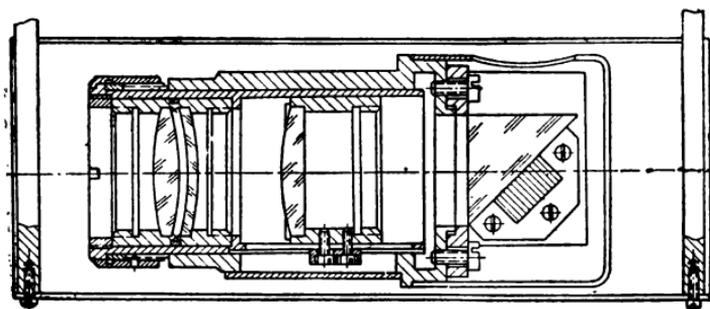
Для этого, предварительно отвернув винты, снимают накладку, отвертывают винты 5 и вынимают стеклянную пластину.

Если изображения всех биссекторов одинаково менее резки,

чем изображения штрихов миллиметровой шкалы, производят юстировку перемещением оправы 9 с подвижными линзами объектива (фиг. 33) пинольной бабки. Для этого снимают бабку со станины, отвертывают винты и удаляют кожух 1 и крышку 10. Затем освобождают винты 11, крепящие шпонку 12. Оправу 9 передвигают вдоль оси до получения одинаковой резкости изображения штрихов дециметровой и миллиметровой



*Объектив пинольной бабки*



*Объектив измерительной бабки*

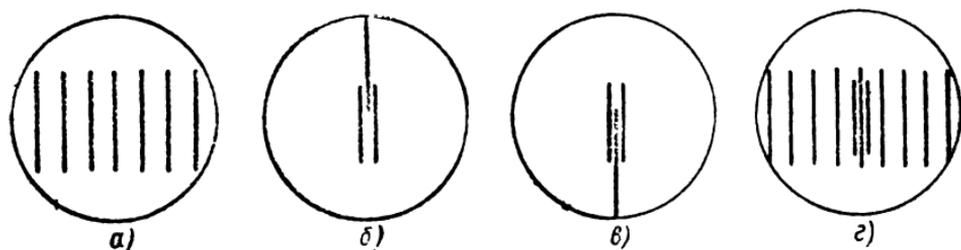
Фиг. 33. Объективы пинольной и измерительной бабок машины ИЗМ

шкал. Для уменьшения фокусного расстояния, оправу 9 с линзами удаляют от первых двух линз и, наоборот, приближают к ним для увеличения фокусного расстояния. Закрепив объектив, повторяют проверку качества изображения дециметровой шкалы.

Часто нерезкость двойных штрихов может возникнуть вследствие загрязнения пластин биссекторов и призм 6. Поэтому перед юстировкой следует сначала подвергнуть чистке наружные поверхности пластин биссекторов, прямоугольных призм и наружные поверхности линз коллимационных объективов. Призмы можно чистить лишь сняв бабку и защитные кожухи.

Наблюдая в окуляр отсчетного микроскопа, определяют параллельность изображений двойных штрихов биссекторов относительно изображений штрихов миллиметровой шкалы. Изо-

бражение какого-либо штриха миллиметровой шкалы последовательно вводят между штрихами всех биссекторов дециметровой шкалы и каждый раз совмещают этот штрих с одним из штрихов биссектора с просветом, шириной менее ширины штриха миллиметровой шкалы. При этом просвет должен быть параллельным. Клинообразность просвета (фиг. 34, *г*), заметная на глаз и свидетельствующая о перекосе дециметровой шкалы, не допускается. При наличии перекоса дециметровой шкалы снимают накладку 4 (фиг. 32), освобождают винты, крепящие линейку с дециметровой шкалой, и поворотом эксцентриков 40



Фиг. 34.

(фиг. 15), наблюдая в окуляр отчетного микроскопа, устанавливают дециметровую шкалу так, чтобы нулевой и девятый биссекторы были параллельны штрихам миллиметровой шкалы.

Если имеет место непараллельность изображения двойного штриха лишь у отдельных биссекторов изображению штриха миллиметровой шкалы, то этот дефект устраняют поворотом соответствующей стеклянной пластины 2 (фиг. 32) с биссектором. Для этого, отвернув винты снимают накладку 4, немного освобождают винты 5 и деревянной палочкой с намотанной на конце ватой поворачивают пластину и закрепляют ее кольцом, наблюдая за тем, чтобы не нарушить правильность положения пластины с биссектором. Если положение биссектора не отвечает предъявляемым требованиям, то операцию повторяют. После юстировки пластины проводят ее чистку ваткой, намотанной на палочку и смоченной чистым бензином или спиртом без избытка жидкости на ватке. Затем проверяют точность данного дециметрового интервала.

Двойные штрихи нанесены снизу пластины, вследствие чего эту часть поверхности нужно чистить с большей осторожностью, чем верхнюю. При повреждении штрихов производят запуск их также, как и штрихов миллиметровой шкалы.

Наклон двойного штриха можно также устранить согласованным вращением на небольшой угол вокруг горизонтальной оси оправы с призмой 6 (фиг. 33), закрепленной винтами 8 в объективах пинольной и измерительной бабок. Так, если повернуть призму измерительной бабки по часовой стрелке, то изображение двойного штриха наклонится налево и наоборот.

Изображения двойных штрихов должны полностью перекрывать изображения штрихов миллиметровой шкалы. Поверку производят наблюдением в окуляр отсчетного микроскопа взаимного положения изображений биссекторов и штрихов миллиметровой шкалы. Изображение штриха миллиметровой шкалы вводят в просвет между двойными штрихами биссектора и оценивают на глаз расположение двойного штриха относительно миллиметрового. Концы штрихов биссекторов должны находиться симметрично концам штрихов миллиметровой шкалы (фиг. 34, а). Если изображение двойного штриха расположено выше (фиг. 34, б) или ниже (фиг. 34, в) изображения штриха миллиметровой шкалы, производят юстировку незначительным поворотом вокруг вертикальной оси оправы 13 (фиг. 33) призмы б на корпусе объектива пинольной или измерительной бабки при помощи прокладки, помещенной с соответствующей стороны между оправой 13 и корпусом 14 объектива. Предварительно снимают защитный кожух 7 и ослабляют четыре винта 8. Если призму б повернуть по часовой стрелке, изображение двойного штриха переместится вверх и наоборот.

Поверка дециметровой шкалы является ответственной операцией, от результатов которой зависит точность выполнения юстировочных работ. Поэтому необходимо строго соблюдать температурные условия при поверке погрешности показаний дециметровой шкалы, особенно у машин с большими пределами измерения (свыше 0—1000 мм). Постоянство температурных условий должно поддерживаться не менее 10 час. до начала поверки и во время поверки машины.

Концевые меры должны быть выдержаны не менее 2 час. на чугунной плите, расположенной в одном помещении и на одной высоте с машиной, либо выдерживаются непосредственно на станине машины в целях наилучшего выравнивания температур мер и машины.

Поверка дециметровой шкалы производится по концевым мерам длины 3-го разряда прямоугольного сечения или по цилиндрическим мерам со сферическими измерительными поверхностями.

Форма измерительных поверхностей наконечников выбирается в соответствии с формой измеряемых поверхностей мер, применяемых при поверке шкалы: для мер с плоскими измерительными поверхностями — наконечники со сферическими рабочими поверхностями, для мер со сферическими поверхностями — плоские наконечники.

В процессе поверки шкалы соблюдают следующий порядок. Сначала настраивают измерительную машину на нуль. Для этого пинольную бабку устанавливают так, чтобы двойной штрих нулевого интервала дециметровой шкалы был расположен приблизительно в середине поля зрения отсчетного микроскопа, а

нулевой штрих миллиметровой шкалы микроподачей измерительной бабки помещают в середину двойного штриха.

Приведенные в контакт наконечники пиноли и оптиметра центрируют, действуя микровинтом пиноли, устанавливают шкалу оптиметра на нуль и закрепляют ходовой стержень пиноли. Установку нулевого штриха миллиметровой шкалы на двойной штрих повторяют три раза и среднее арифметическое из трех отсчетов по шкале оптиметра принимают за «нуль начальный». После этого перемещают измерительную бабку вправо, а пинольную устанавливают на поверяемый интервал шкалы и помещают на стол концевую меру 100 мм.

Установка концевых мер длиной до 300 мм может производиться непосредственно на столе машины, а при измерении длин свыше 400 мм пользуются столом и люнетом. Опоры должны располагаться так, чтобы меры помещались в наиболее удобнейших точках (на расстоянии  $0,21 L$  от концов меры, где  $L$  — номинальный размер в мм). В качестве одной из опор, помещаемой на столе машины, применяется для мер прямоугольной формы ролик диаметром 10—12 мм, цилиндрической формы — призма.

Положение меры на опорах должно быть таким, чтобы наконечники пиноли находились при проверке приблизительно на середине измерительных поверхностей меры. Осторожно перемещая измерительную бабку, приводят наконечник оптиметра в контакт с поверхностью меры, закрепляют бабку и микроподачей приводят шкалу оптиметра приблизительно к нулю. Соответствующими движениями стола, наблюдая шкалу оптиметра, выравнивают меру по оси измерения. Затем, наблюдая в микроскоп, устанавливают микроподачей измерительной бабки нулевой штрих миллиметровой шкалы в середину двойного штриха поверяемого дециметрового интервала.

Установку штриха миллиметровой шкалы, как и при определении «нуля начального», производят три раза. Этот результат записывают в протокол проверки машины.

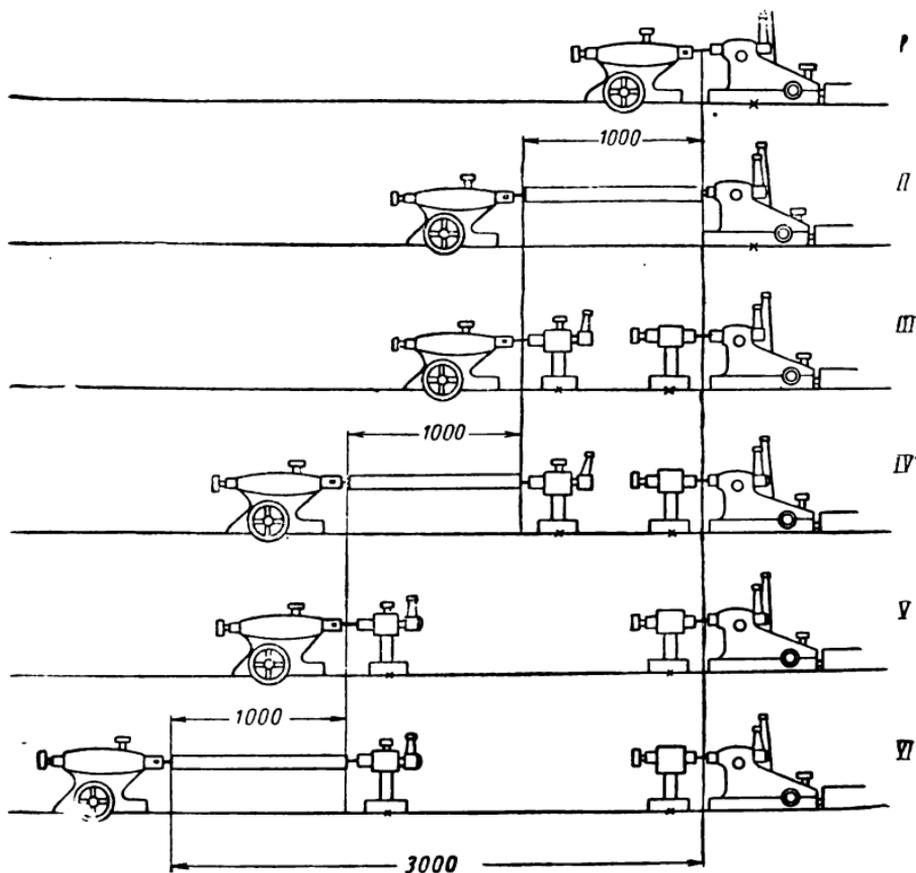
После проверки каждого интервала определяют правильность нулевого положения (конечного) таким же методом, как производят установку «нуля начального». При этом нельзя нарушать положения наконечника пиноли.

Если значение конечного нулевого отсчета отличается от начального более чем на 0,5 мк, измерение следует повторить. Запись результатов следует производить по форме, предложенной в инструкции Комитета [2].

Проверка дециметровой шкалы длиной более 1000 мм производится шаговым методом. Применение этого метода дает возможность обходиться без мер большой длины и осуществлять проверку теми же мерами, что и для длины до 1000 мм.

В соответствии с инструкцией Комитета для проверки машины шаговым методом рекомендуется иметь две вспомогательные

бабки: одну с трубкой оптиметра (фиг. 21, а), другую с жестким упором (аналогичную по конструкции, показанной на фиг. 21, а). Сущность метода показана схематически на фиг. 35, она заключается в следующем. После проверки первого метра снимают концевую меру, а на станине закрепляют вспомогательную бабку с трубкой оптиметра. Наконечник ее контактирует с нако-



Фиг. 35. Схема проверки машины ИЗМ шаговым методом

нечником пинольной бабки, центрируют относительно наконечника и снимают показание по шкале оптиметра. После этого, перемещая пинольную бабку, проверяют обычным путем по концевым мерам второй метр дециметровой шкалы. После каждого метра вспомогательную бабку с оптиметром перемещают до контакта его наконечника с наконечником пиноли; снова центрируют наконечник оптиметра и пиноли и фиксируют «начальное нулевое» показание по шкале оптиметра. Таким образом проверяют дециметровую шкалу по всей длине.

Стойка с жестким упором дает возможность устанавливать двойной штрих приблизительно в центре поля зрения, а точную установку производят перемещением измерительной бабки микроподачей.

Нулевые значения и отсчет при установленной концевой мере определяются как алгебраическая сумма соответствующих отсчетов по шкалам оптиметров вспомогательной и измерительной бабок. Визирование двойного штриха относительно штриха миллиметровой шкалы производится, как и ранее, 3 раза.

В целях исключения грубоошибочных результатов поверки каждый интервал дециметровой шкалы должен поверяться не менее двух раз. При этом расхождение между результатами отдельных измерений не должно превышать  $\pm (1 + 3 \cdot 10^{-3}L)$  мк, где  $L$  — номинальное значение поверяемой длины в мм. За окончательную величину поправки принимается среднее арифметическое из результатов отдельных измерений. Если расхождение результатов более допустимого, измерение необходимо повторить.

Погрешность показаний при поверке шкалы с дециметровыми интервалами не должна превышать  $\pm (0,3 + 9 \cdot 10^{-3}L)$  мк, где  $L$  — длина поверяемого интервала в мм.

Устранение погрешности показаний дециметровой шкалы возможно поворотом оправы 35 (фиг. 23, а). Предварительно ослабляют кольцо 37. Осветив лампочкой снизу линейку, можно в зеркале увидеть торец оправы 35 и кольцо 37.

Устранение погрешности показаний, однако, преимущественно производят юстировкой дециметровой шкалы следующим методом.

Если после поверки установлена погрешность в расположении нулевого дециметра относительно нулевого штриха миллиметровой шкалы, а отклонения расстояний между дециметровыми интервалами шкалы находятся в допустимых пределах, производят юстировку осевым перемещением всей линейки 1 (фиг. 32) с дециметровой шкалой. Открепляют винты и снимают накладную линейку 4. Затем ослабляют винты, крепящие линейку к станине, и, наблюдая в отсчетный микроскоп, перемещают ее на винтах эксцентриками 40 (фиг. 15) до получения соответствующего значения на первом дециметровом интервале. Так как перемещение шкалы обычно весьма незначительно, то зазор между отверстиями в линейке и ослабленными винтами вполне достаточен.

В случае появления погрешности показаний на каком-либо одном или нескольких интервалах дециметровой шкалы юстировку производят последовательно, по возрастающим значениям дециметровых интервалов, осевым перемещением на винтах соответствующих оправ с биссекторами. Для этого ослабляют три винта 5 (фиг. 32) так, чтобы оправа 3 была еще немного прижата к линейке. Затем устанавливают пинольную бабку на поверяемый дециметр, помещают между отцентрированными наконечниками концевую меру нужной длины и выравнивают ее по оси измерения. В упор с оправой биссектора укладывают деревянную линейку под пинольную бабку так, чтобы не нару-

шить положение бабки. Один из юстировщиков (или контролер) наблюдает в окуляр микроскопа с положением двойного штриха относительно нулевого деления миллиметровой шкалы, а второй легкими ударами по торцу линейки перемещает оправу до достижения нужного размера. После этого сдвигают пинольную бабку, надежно закрепляют оправу в линейке и повторяют поверку шкалы, так как при закреплении оправы может сдвинуться.

Юстировку дециметровой шкалы длиной свыше 1000 мм можно осуществить при помощи вспомогательных бабок, применяемых при поверке этой шкалы.

Процесс поверки показаний измерительных машин с верхним пределом измерения более 1000 мм облегчается применением предложенного автором в 1938 г. метода «шаговой» поверки машин. Этот метод заключается в следующем: после поверки показаний машины на длине 1000 мм окулярную головку установочного микроскопа 18 (фиг. 15) заменяют микроскопом, имеющим в фокальной плоскости окуляра стеклянную сетку с визирным штрихом. Для этого, например, можно использовать выпускаемый промышленностью микроскоп типа МБ, у которого шкалу заменяют сеткой с визирным штрихом или оснащают микроскоп с окулярным микрометром. Дополнительный микроскоп вводят в тубус установочного микроскопа и закрепляют его при помощи переходной втулки. Затем отделяют от станины узел микроподачи, перемещают его совместно с измерительной бабкой до появления в поле зрения изображения биссектора «10» дециметрового интервала и закрепляют струбцинами на станине.

В качестве микроузла можно использовать приспособление, аналогичное имеющемуся узлу микроподачи, но с боковыми винтами (как у люнетов) для закрепления на станине. В этом случае положение основного микроузла не будет нарушаться.

Вращая винт микроузла, вводят визирный штрих точно в середину биссектора, а микровинтом пиноли устанавливают шкалу оптиметра на нуль. После этого таким же образом поверяют второй и последующие метровые интервалы дециметровой шкалы. Исходным положением задней бабки при поверке каждого последующего метра служит установка на последний двойной штрих предыдущего метра. Результаты заносят в аттестат.

Некоторым недостатком метода «шаговой» поверки машины является то, что при этом не учитывается влияние накопленной величины непрямолинейности станины на суммарную погрешность показаний. Однако при отклонении станины от прямолинейности в пределах допустимого, что определяется в начале поверки машины, влияние этой величины будет незначительным. При такой поверке измерительных машин больших длин на машиностроительных заводах юстировочной базой БВ не име-

лось существенных расхождений с результатами поверки, произведенной госповерителями.

**Юстировка коллимационных объективов пинольной и измерительной бабок.** Фокусные расстояния объективов должны выдерживаться с точностью не менее  $0,1$  мм. Практическое осуществление этого условия производится подгонкой на полностью собранной машине. Чтобы проверить равенство длин фокусных расстояний объективов, устанавливают изображение нулевого биссектора дециметровой шкалы в правой части поля зрения (примерно со смещением от центра на  $1$  мм), приводят в контакт наконечники пиноли и оптиметра и устанавливают двойной штрих на одно из делений миллиметровой шкалы, а затем производят отсчет по шкале оптиметра. Повторяют то же, но при положении двойного штриха в левой части поля зрения, совмещая его с тем же штрихом миллиметровой шкалы.

У машин с пределами измерения более  $0—1000$  мм проверку равенства длин фокусных расстояний производят на нулевом биссекторе первого метра, а затем на нулевом биссекторе второго метра и т. д.

Разность отсчетов по шкале оптиметра при положении двойного штриха в правой и левой части поля зрения не должна превышать  $0,001$  мм. Если разница в показаниях превышает допустимую, юстируют объектив.

Для этого снимают со станины пинольную бабку и снимают кожух  $1$  (фиг. 33) и крышку  $10$ , затем ослабляют стопорный винт  $2$ , кольцо  $3$  и передвигают линзы  $4$  объектива, фокусируя на биссекторы до устранения разности отсчетов по шкале оптиметра, превышающей допустимую, проверяя смещение двойного штриха в пределах поля зрения. Операцию повторяют до достижения обусловленной точности.

После юстировки объектива изменяют высоту параллаксного кольца  $5$  шлифованием торцов либо увеличением высоты за счет добавления дополнительного кольца, либо изготавливают новое кольцо соответствующих размеров.

Если разъюстирована цепь узлов оптической системы машины, то производят последовательно ряд юстировочных операций. Снимают со станины пинольную бабку, матированным источником света (лампочка с матовой или молочной колбой) подсвечивают со стороны коллимационного объектива  $17$  (фиг. 15) и фокусируют на резкость штрихи миллиметровой шкалы. Фокусировку производят смещением по резьбе микрообъектива  $26$  (фиг. 25, б) отсчетного микроскопа. При подсвечивании матовой лампой в поле зрения микроскопа, в плоскости миллиметровой шкалы можно наблюдать блик (изображение контура входного отверстия) от объектива  $17$  (фиг. 15). Поверхность призмы (со стороны, обращенной к миллиметровой шкале) закрывают черной бумажкой (или латунной пластиной) с отверстием диаметром  $1,5—2$  мм. Блик совмещают со штрихами

миллиметровой шкалы. По форме округлости блика судят о правильности положения призмы 28 (фиг. 25, б) объектива. Контур светового пятна должен быть круглым без овальности и срезов. Погрешности формы светового пятна устраняются небольшим разворотом на винтах призмы 28. Затем ослабляют винты 8 (фиг. 33) и, наблюдая в окуляр, немного поворачивают на винтах оправу с призмой 6, добиваясь правильной формы зрачка выхода.

Далее совмещают фокальную плоскость объектива измерительной бабки с плоскостью нанесения штрихов миллиметровой шкалы. Вместо снятой со станины пинольной бабки устанавливают (на специальный угольник, который утоплен в станину) базирующийся на направляющих станины коллиматор по оси коллимационного объектива измерительной бабки. Щель коллиматора освещают лампой. Если изображение краев щели и штрихов миллиметровой шкалы наблюдается не одинаково резко, то ослабляют винт 2 и медленно перемещают в осевом направлении оправу 4 (фиг. 33) с линзами объектива до получения в плоскости делений миллиметровой шкалы отчетливого изображения краев щели коллиматора.

После окончательной юстировки объектива изменяют толщину параллаксного кольца 5, закрепляют объектив, устанавливают на место пинольную бабку и проверяют резкость изображения штрихов биссекторов дециметровой шкалы.

Можно исходить при этой юстировке и от обратного. На угольник, установленный на станине вместо пинольной бабки, помещают зрительную трубку, выверенную на бесконечность, и освещают через отсчетный микроскоп миллиметровую шкалу. Затем, наблюдая в окуляр зрительной трубки, перемещают коллимационный объектив в осевом направлении до получения наибольшей резкости изображения штрихов в фокальной плоскости окуляра.

Сняв коллиматор (или зрительную трубку), устанавливают на место пинольную бабку и, наблюдая в отсчетный микроскоп, проверяют резкость изображения штрихов всех биссекторов дециметровой и штрихов миллиметровой шкал (отсутствие параллакса). Юстировку производят тем же способом.

**Юстировка и ремонт трубки пиноли.** У пиноли проверяют плавность вращения микровинта и отсутствие качки, плавность перемещения ходового стержня 5 (фиг. 24) и четкость возвращения его при вывертывании микровинта, отклонение показания по шкале оптиметра при закреплении ходового стержня, а также точность, стабильность и плавность центрирования измерительного стержня 12 с наконечником. Кроме того, проверяют осевой и радиальный люфт измерительного стержня и усилие проворачивания фрикциона маховика 14.

Плавность вращения и качку микровинта проверяют от руки, а также по шкале оптиметра в пределах шкалы, на нескольких

участках микровинта. Неплавность хода и качку устраняют чисткой и смазкой ланолином резьбы микрометрического винта 15 и гайки.

Одновременно определяют характер перемещения ходового стержня при вывертывании микровинта, наблюдая по шкале оптиметра. Проверку производят на нескольких участках по длине микровинта. Перемещение шкалы должно быть плавным без скачков. Неплавное перемещение шкалы свидетельствует о заеданиях ходового стержня, причиной которых, в основном, является загрязнение ходового стержня и отверстий трубки пиноли. Чисткой стержня 5 и внутренней поверхности трубки устраняют дефект. При сборке ходовой стержень должен в вертикальном положении пиноли легко опускаться под собственным весом.

При закреплении ходового стержня стопором отклонение показаний по шкале оптиметра не должно превышать 0,5 *мм*. Отклонение показаний выше допустимого возникает вследствие загрязнения или износа ходового стержня. Чисткой и смазкой, а в случае износа, хромированием стержня с соответствующей притиркой по месту устраняют люфт стержня либо изготавливают новый стержень по месту.

Центрирование наконечников механизмом пиноли должно осуществляться четко и плавно. Центрирование обоими юстировочными винтами 11 должно приводить постоянно к одной точке показания по шкале оптиметра. Разность показаний оптиметра при центрировании наконечников не должна превышать 0,3 *мм*. Проверка производится при помощи плоских наконечников, надетых на стержни оптиметра и пиноли. Наконечники приводят в контакт и, наблюдая в окуляр оптиметра, вращают поочередно юстировочные винты.

Причиной нестабильности и неточности центрирования главным образом является недостаточное усилие радиальных пружин, сидящих во втулках 13. Частично влияет износ опорных поверхностей стержня пиноли в местах контакта с юстировочными винтами и втулками 13, а также задиры и износ этих втулок. По этим причинам возникает радиальный люфт стержня.

В первую очередь следы износа устраняют притиркой или шлифованием квадратной части стержня 12 и притиркой сферы втулок. Затем восстанавливают (несколько растягивают) радиальные пружины и собирают трубку. Если дефекты устранены неполностью, то радиальные пружины заменяют другими. Пружину должны быть хорошо термически обработаны во избежание их остаточной деформации.

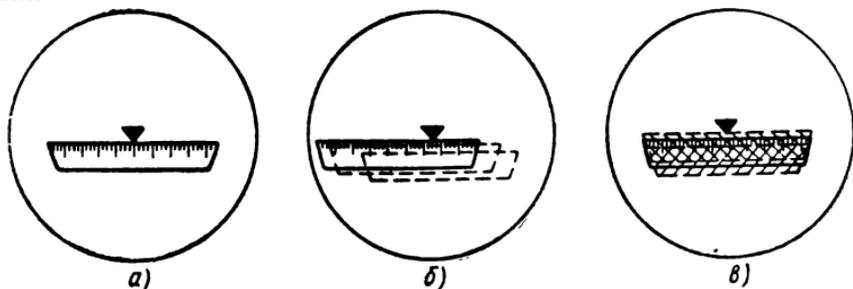
Осевой люфт измерительного стержня пиноли возникает из-за ослабления усилия его осевой пружины 10. Чтобы обнаружить этот дефект, наконечники пиноли и оптиметра приводят в контакт. Стержню пиноли сообщают осевое усилие (до 500 *гс*) при помощи оттарированного динамометра или рукой. Наблю-

дая за показаниями по шкале оптиметра, снимают нагрузку. Изменение показаний не должно превышать 5 мк с возвращением в исходное положение.

Осевой люфт устраняется правкой пружины или заменой ее. Эта пружина также должна быть хорошо термически обработана.

При надетой на пиноль скобе с дугой для внутренних измерений фрикцион маховика 14 не должен проворачиваться. Если фрикцион проворачивается, требуется выправить или сменить пружину фрикциона.

**Юстировка и ремонт трубки оптиметра.** Прежде всего проверяется правильность положения изображения шкалы относительно указателя. При нормальном положении шкалы (фиг. 36, а) штрихи



Фиг. 36.

шкалы проектируются параллельно указателю (без кажущегося перекоса), а указатель перекрывает короткие штрихи не менее чем на 0,7—0,8 их длины и не выходит за пределы коротких штрихов более чем на 0,2—0,3 их длины. Положение это определяется на глаз. Неправильное положение шкалы возникает в результате осевого смещения втулки с зеркалом. При этом изображение шкалы при нажиме на измерительный стержень перемещается не параллельно шкале, а по диагонали (фиг. 36, б). Небольшим поворотом втулки 13 (фиг. 26) вокруг вертикальной оси непараллельность полностью устраняется. Для этого предварительно немного отвертывают крышку 2, кольцо 3, крепящее втулку 13 в трубке, и юстировочный винт 4. При помощи пинцета, вставленного в отверстия втулки, ее слегка поворачивают. Наблюдая в окуляр, устанавливают втулку так, чтобы перемещение изображения шкалы было строго параллельно вертикальной оси. Изображение штрихов относительно указателя должно на всем пределе перемещения находиться на одном уровне. Заметная на глаз разница в величине перекрытия указателем штрихов шкалы не допускается.

Большая или меньшая величина перекрытия шкалы указателем вызывается смещением призмы 21 относительно главной оптической оси. Если изображение шкалы отходит от указателя или перекрывает его (фиг. 36, в), то этот дефект устраняют

поворотом оправы 22 (фиг. 26) призмы 21 на винтах 20. Предварительно винты немного ослабляют. Поворот оправы производят проволочным ключом или пинцетом, вставленным в имеющиеся на торце оправы отверстия. Если шкала переместилась вниз, то призму поворачивают по часовой стрелке, если — вверх, то призму поворачивают против часовой стрелки.

Перемещение призмы должно быть незначительным, так как положение шкалы резко изменяется при малейшем повороте призмы. Иногда (при незначительной погрешности положения изображения шкалы) погрешность можно устранить нажатием одного из винтов 20.

Правильного положения изображения шкалы чаще всего добиваются одновременной юстировкой по обоим элементам, дополняя одну юстировку другой.

Для удобства юстировки следует производить эти операции, установив трубку в кронштейн горизонтальной стойки, с одетым на измерительный стержень наконечником и с арретиром. Арретиром при помощи винта нажимают на измерительный стержень так, чтобы шкала находилась в поле зрения окуляра. В этом случае руки остаются свободными.

После закрепления втулки 13 (фиг. 26) еще раз проверяют положение шкалы. Винты 9 при юстировке этого дефекта не следует трогать, во избежание нарушения точности показаний шкалы, но и при этом поверка показаний трубки обязательна.

Шкала в крайних положениях не должна уходить из поля зрения. Арретируя измерительный стержень с наконечником, наблюдают в окуляр за положением шкалы. Видимый остаток шкалы при крайних положениях измерительного стержня должен быть не менее 15—20 делений.

Пределы перемещения шкалы ограничиваются: вверх — кольцами 12 (фиг. 26), вниз — кольцом 36 внутри крышки 2. Перед юстировкой кольцом 36 предварительно ослабляют стопорный винт. Вращение кольца производят пинцетом, вставленным в два отверстия, имеющихся на торце кольца.

Поверку погрешности показаний в процессе юстировки трубки оптиметра производят по конечным мерам 3-го разряда, с номинальными значениями, отличающимися друг от друга на 0,1 мм; например: 1,00; 1,10; 1,20; 1,30 мм. При поверке применяют сферические наконечники. Сначала наконечники центрируют и устанавливают между ними меру равную 1,10 мм, а шкалу устанавливают на нулевое деление. Затем последовательно устанавливают плитки размером, равным 1,00 и 1,2 мм, наблюдая при этом отклонения показаний по шкале (на крайних ее делениях), от значений конечных мер по аттестату.

После полной юстировки всего прибора производят окончательную поверку погрешности показаний парным методом по конечным мерам 4-го разряда или 1-го класса с применением сферических измерительных наконечников.

Шкалу поверяют на четырех участках: от 0 до +60 *мк*, от 0 до +100 *мк*, от 0 до -60 *мк* и от 0 до -100 *мк*.

Для поверки шкалы на участке от 0 до +60 *мк* берут четыре концевые меры с разностью размеров, номинально равной размеру поверяемого участка (т. е. 0,06 *мм*), например: 1,00; 1,06; 1,12; 1,18 *мм*. Из этих мер составляют последовательно следующие три пары: 1,00 и 1,06; 1,06 и 1,12; 1,12 и 1,18 *мм*.

При поверке соблюдают следующий порядок: между измерительными наконечниками оптиметровой трубки и трубки пиноли помещают меру 1,00 *мм*; нулевое деление шкалы устанавливают вблизи указателя и после трехкратного арретирования делают первый отсчет. Затем, не меняя нулевой установки, делают второй отсчет по концевой мере 1,06 *мм*. Такие же изменения производят последовательно и с помощью остальных двух пар мер.

Для поверки шкалы на участке от 0 до -60 берут те же пары мер, но в обратном порядке, т. е. 1,18 и 1,12; 1,12 и 1,06; 1,06 и 1,00 *мм*. Поверку на этом участке производят аналогично поверке участка от 0 до +60 *мк*; первой мерой является мера 1,18 *мм*.

Результаты измерений заносят в журнал, по предложенной в инструкции [2] форме. Погрешность показаний на поверяемом участке шкалы оптиметра определяют по формуле, приведенной в той же инструкции.

Аналогично поверяют и участки от 0 до +100 и от 0 до -100 *мк*, но в этом случае пары составляют из мер с разностью размеров, номинально равной 0,1 *мм*, например: 1,00; 1,10; 1,20; 1,30 *мм*.

Погрешности показаний не должны превышать: для участков от 0 до +60 и от 0 до -60 *мк*  $\pm 0,2$  *мк*; для участков от 0 до +100 и от 0 до -100 *мк*  $\pm 0,3$  *мк*.

При поверке точности показаний на интервале от нуля до  $\pm 100$  *мк* может оказаться, что размер шкалы не соответствует размеру концевой меры.

Например, установив нулевое положение шкалы по плитке размером 1,1 *мм*, проверяют шкалу в ее крайних положениях от нуля плитками 1,0 и 1,2 *мм*. При этом может оказаться, что показания шкалы будут  $\pm 99$  или  $\pm 101$  *мк*.

Разница между показаниями и размерами концевой меры вызывается нарушением величины механического плеча трубки оптиметра.

Для устранения этого отвертывают крышку 2 (фиг. 26), ослабляют винты 9 и, вращая юстировочный винт 4, перемещают опору 10 с зеркалом 6. При показаниях шкалы, превышающих размер плитки, винт 4 вывертывают, а при показаниях шкалы в минус винт ввертывают. После юстировки опору 10 закрепляют винтами 9 и снова поверяют показания трубки.

Ремонт трубки значительно усложняется, если погрешность показаний трубки оптиметра неравномерна по всей длине шка-

лы. Так, например, несоответствие показаний шкалы в ее крайних положениях при поверке по концевым мерам с разницей размеров равной 0,1 мм может составить не  $\pm 101$  мк, а +99 и —102 мк или наоборот. В этом случае необходимо проверить равномерность натяжения пружины 8, а также параллельность зеркала 6 относительно торца оправы 7 (пятки). Проверка параллельности зеркала производится на горизонтальном или вертикальном оптиметре.

Юстировку непараллельности зеркала производят при помощи трех винтов 37, находящихся на пятке зеркала. Непараллельность зеркала пятке не должна превышать 0,001 мм. Нужно следить за тем, чтобы зеркало сидело в оправе плотно, так как наличие зазора вызывает нестабильность показаний. Отъюстировав зеркало, устанавливают оправу на место и проверяют точность показания трубки.

Если этой операцией не удастся устранить имеющийся дефект, зеркалу придают соответствующий наклон в правую или левую сторону, после чего снова производят поверку.

В некоторых случаях указанные методы не приводят к существенным результатам ввиду износа опорных шариков. Изношенные шарики следует распрессовать и снова запрессовать обратной стороной или заменить новыми шариками диаметром 3 мм. Распрессовку шариков производят при помощи стержня с заостренным концом или через отверстие диаметром 1—1,5 мм, просверленное под шариком (с обратной стороны опоры). После запрессовки шарики зачеканивают пуансоном. После сборки производят юстировку трубки винтом 4 до достижения требуемой точности показаний.

При устранении погрешности показаний оптиметра винтом 4 иногда опора с зеркалом не возвращается в исходное положение, что препятствует юстировке этим винтом. В этом случае нужно убедиться, что винты 9 отпущены и не крепят опоры. Если это не имеет места, следовательно усилие пружины во втулке 5 недостаточно и требуется правка ее или замена другой пружиной.

Стабильность показаний трубки оптиметра поверяется многократным арретированием измерительного наконечника, приведенного в контакт с заранее отрегулированным наконечником пиноли. Арретируют 10—15 раз, наблюдая за показаниями по шкале. Изменение показаний не должно превышать 0,2 мк.

Нестабильность показаний возникает вследствие загрязнения втулки 13 (фиг. 26) и измерительного стержня 14 или износа их и торца оправы 7 зеркала в местах контакта с опорными шариками 11; износа самих шариков и частично из-за износа шпонки стержня 14. После определения действительной причины нестабильности показаний приступают к устранению дефектов.

Прежде чем разобрать трубку, проверяют наличие радиального люфта измерительного стержня. Под наконечник оптиметра

устанавливают меру размером до 10 мм 4-го или 5-го разряда (класс 1-й или 2-й) и сбоку нажимают на наконечник при помощи проволочного динамометра, оттарированного на усилие 200 гс. В случае отсутствия динамометра легко нажимают пальцем на наконечник в радиальном направлении.

Затем измерительный стержень небольшим усилием покачивают вокруг оси, следя за показаниями по шкале. Изменение показания в обоих случаях не должно превышать 0,5 мк с возвращением в исходное положение.

Если радиальный люфт измерительного стержня не имеет места, то из трубки вынимают колебательную систему, производят чистку стержня 14 и отверстия втулки 13. Кроме того, исследуют при помощи лупы (10—20<sup>×</sup> поверхности торца оправы 7 зеркала и шариков 11.

При наличии износа шариков их выпрессовывают из подпятника и запрессовывают другой стороной или заменяют новыми.

Износ торца оправы зеркала устраняют доводкой его на чугунных доводочных плитах размером 100×200 мм. Доводку производят электрокорундовым шлифовальным порошком последовательно: М7 — предварительную, М5 — предокончаттельную и М3 — окончательную. Неплоскостность торца оправы не должна превышать 0,5 мк (две интерференционные полосы). Проверку плоскостности производят стеклянной пластиной диаметром 60 мм 2-го класса.

После ремонта оправы 7 и установки в ней зеркала 6 проверяют параллельность поверхностей зеркала и торца оправы.

Как было указано, радиальный зазор стержня 14, в результате износа его и отверстия втулки 13, в наибольшей мере влияет на точность и стабильность показаний трубки оптиметра. Люфт устраняют восстановлением размера стержня хромированием. Стержень хромируют так, чтобы диаметр его был больше диаметра отверстия втулки на 4—5 мк. После хромирования стержень притирают по месту доводочной пастой.

Однако более надежным является замена изношенного измерительного стержня новым, прошлифованным с припуском до 0,005 мм под притирку по месту к отверстию втулки. Предварительно (до окончательного шлифования стержня) отверстие втулки притирают цилиндрическим чугунным притиром доводочной пастой (предварительно 10 мк и окончательно 4 мк). Длина притира должна быть не менее удвоенной длины втулки 13. При доводке притир (или втулку) повертывают при каждом возвратно поступательном движении на 1/4 оборота. Притирку стержня производят доводочной пастой 2—4 мк. Эту операцию следует производить осторожно, чтобы не уменьшить диаметр стержня на величину более допустимой. После подгонки стержня, в его торец по центру запрессовывают шарик.

Радиальный люфт стержня возникает также вследствие износа шпонки. В этом случае целесообразно шпонку заменить. Из-

головление ее иподгонка по месту не представляют затруднений.

Измерительное усилие проверяют на циферблатных весах. Оно должно быть равно  $200 \pm 20$  гс.

Отклонение от номинальной величины измерительного усилия возникает вследствие недостаточного или излишнего натяжения спиральных пружин 8 (фиг. 26), возвращающих зеркало 6 в исходное положение. Этот недостаток устраняют изменением усилия пружин, используя нижний конец пружины, которым она крепится во втулке для уменьшения или увеличения натяжения. Если этого недостаточно, пружину слегка удлиняют (при усиллии более нормального) или уменьшают.

При сборке необходимо следить за тем, чтобы усилие обеих пружин было одинаковым. Неравномерное натяжение пружин приводит к более быстрому износу торца оправы зеркала, не точным и неравномерным показаниям по всей длине шкалы.

Если за счет пружин невозможно отрегулировать измерительное усилие, то их заменяют другими. Пружины целесообразно изготовлять из стальной проволоки диаметром 0,4 мм. Наружный диаметр пружины должен равняться 3 мм, число витков — 36, шаг равен диаметру проволоки. Пружины закаливают и затем отпускают.

У трубки оптиметра измерительной машины фирмы Цейсс пружины изготовляются из рояльной проволоки диаметром 0,31 мм с наружным диаметром 2,4 мм, числом витков 46, шагом, равным диаметру проволоки. Высокую устойчивость показали пружины, прошедшие отпуск в селитровой ванне при температуре  $250-270^\circ$  в течение 60 мин.

Параллакс указателя относительно штрихов шкалы трубки оптиметра проверяют наблюдением смещения их по отношению к указателю. При этом в окуляр смотрят под разными углами. Поверку производят вблизи штрихов шкалы: +100; +60; 0; -60; -100.

Параллакс указателя относительно штрихов шкалы не должен превышать для оптиметров, вышедших из ремонта, 0,1 деления на любом участке шкалы.

В соответствии с инструкцией 108-55 Комитета, если у оптиметров, находящихся в эксплуатации, параллакс на крайних участках шкалы превышает допустимый, рекомендуется ограничить рабочий участок прибора. Рабочий участок не должен быть менее  $0 \pm 50$  делений шкалы с указанием об этом в аттестате.

Параллакс возникает в результате нарушения нормального положения окулярной головки или объектива, из-за чего изображение шкалы не попадает в плоскость, где помещен указатель. Ввиду этого изображения шкалы и указателя будут наблюдаться неодинаково резко. Наличие параллакса приводит к неточному отсчету и быстрой утомляемости в процессе работы.

Параллакс устраняется перемещением окулярной головки или объектива вдоль оси. В первую очередь нужно убедиться в наличии прокладного кольца 30 (фиг. 26) и затянуть соединительное кольцо 29 до отказа, предварительно ослабив стопорный винт кольца. Если после этого параллакс не будет устранен, необходимо изменить высоту кольца 30 дополнительным прокладным кольцом или уменьшить размер существующего кольца шлифованием его торцов. Параллельность торцов кольца должна лежать в пределах 0,005 мм.

Направление, по которому следует переместить окулярную головку, определяют по направлению перемещения окуляра при фокусировании.

Устранение параллакса достигается также перемещением объектива при помощи установки прокладных колец под опорный борт его оправы. К юстировке параллакса объективом рекомендуется прибегать только при значительной разнофокусности шкалы и указателя, когда устранение этого дефекта перемещением окулярной головки затруднительно.

Иногда встречаются трубки оптиметров, у которых на разных участках шкалы при наблюдении в окуляр меняется величина параллакса и одновременно имеет место неодинаковая резкость шкалы в поле зрения. Так, например, в середине поля зрения шкала проектируется более резко, чем по краям, или края шкалы проектируются неодинаково резко.

Причиной этого дефекта является непараллельность торцов тубуса окулярной головки и прокладного кольца 30 (фиг. 26). Шлифованием или притиркой прокладного кольца, а также исправлением торцов трубки и тубуса 28 окулярной головки иногда удается устранить параллакс при условии, если линзы объектива хорошо отцентрированы. Часто причиной параллакса является именно плохо отцентрированные линзы объектива. В этом случае линзы поворачивают относительно друг друга, отметив их исходное положение. После каждого небольшого поворота линзы, объектив устанавливают на место и проверяют наличие параллакса.

Кроме упомянутых дефектов, в трубках иногда наблюдается неодинаковая резкость изображения штрихов по ширине шкалы. В некоторых трубках возможность возникновения этого дефекта устранена тем, что у торца на оправе шкалы предусмотрен буртик и шпоночная пара, обеспечивающие правильность положения оправы со шкалой. В трубках, у которых оправы шкалы не имеет такого буртика, оправу 35 со шкалой слегка перемещают в осевом направлении на величину, определяемую в процессе юстировки. После юстировки положение шкалы с оправой фиксируют стопорным винтом.

Кроме видимой через окуляр шкалы, при перемещении измерительного стержня иногда слабо видны еще две кажущиеся шкалы. При правильном центрировании оправы со шкалой труб-

ки они должны двигаться в одном направлении с изображением действительной шкалы. Иногда эти побочные шкалы движутся наклонно. Это явление не оказывает заметного влияния на точность измерений, и устранение его достигается незначительным поворотом оправы со шкалой вокруг своей оси.

Для этого предварительно нужно снять окулярную головку и ослабить стопорный винт оправы шкалы.

У окулярных головок с цветными шторками (фиг. 27) перемещение шторок 4 должно быть плавным. При наблюдении в окуляр края их, видимые в поле зрения, должны быть равными и не должны иметь выколок, превышающих толщину штриха.

При наличии выколок шторку следует перевернуть и закрепить другой стороной, если длина шторки позволяет это сделать или заменить ее другой. Видимые в поле зрения края шторок должны быть параллельны штрихам шкалы 7. Перекос шторки видимый на глаз не допускается.

Чтобы устранить перекося шторки, открепляют винт 8, слегка поворачивают пластину в нужном направлении и снова зажимают ее винтом. Края шторок при перемещении к нулевому штриху шкалы, не должны доходить до нуля на 0,5 деления. Если это условие нарушено, нужно отвернуть два винта 2 и освободить этим планку 5. Затем вывернуть головку 3, после чего откроется доступ к винту 9, которым устанавливают шторку. При юстировке наблюдают в окуляр за положением шторки относительно нулевого штриха шкалы.

Окуляр трубки оптиметра должен перемещаться плавно, без качки. Проверку производят вращением окуляра от руки. Слишком тугой поворот возникает в результате загрязнения или загустения смазки резьбы окуляра, вследствие низкой температуры помещения. В этом случае требуется осторожно (чтобы не загрязнить коллективную линзу) промыть резьбу бензином, протереть чистой салфеткой и нанести на нее тонкий слой ланолина. В целях равномерного распределения смазки по поверхности резьбы окуляра несколько раз ввертывают и вывертывают.

Слишком легкий поворот окуляра может возникнуть ввиду отсутствия смазки на резьбе либо в случаях, когда смазка слишком жидкая (вследствие высокой температуры воздуха помещения). Это может вызвать даже качку окуляра.

Упомянутые дефекты окуляра устраняют нанесением дополнительного слоя смазки — ланолина или слоя воска с вазелином, сваренными в определенной пропорции (приблизительно  $\frac{1}{3}$  воска и  $\frac{2}{3}$  вазелина). Чтобы предохранить коллективную линзу и шкалу от загрязнения, отвертывают диоптрийное кольцо, а затем вывертывают окуляр, не доходя до конца резьбы на один виток. Смазав резьбу, окуляр ввертывают и затем устанавливают на место диоптрийное кольцо.

После длительной эксплуатации прибора может появиться качка кордового кольца 27 (фиг. 26) или проветывание его, что мешает нормальной работе. Для устранения качки кольца надо отвернуть наглазник 25 и завернуть три стопорных винта 26, закрепляющих кольцо на окуляре, затем снова завернуть наглазник.

**Юстировка и ремонт универсального предметного стола.** Универсальный предметный стол должен перемещаться плавно, без ощутимого люфта колонки 8 (фиг. 17, а) в направляющей гильзе 7. В отстопоренном состоянии стол должен под собственным весом плавно опуститься вниз (без удара об основание). В крайнем нижнем положении он должен находиться под воздействием пружины амортизатора 9 несколько выше торца направляющей гильзы. Перемещение стола в поперечном направлении головкой 17 (по ласточкиному хвосту) должно быть прямолинейным и без люфта. Предметная плавающая плита 1 должна свободно перемещаться при малейшем наклоне стола при отсутствии люфта. В крайние положения плита должна приходить без удара. Установочные движения стола должны быть плавными без заеданий. Центрирование измеряемого объекта по оси измерения должно происходить в одной точке по шкале. Рассеивание показаний при различных движениях стола не должно превышать 0,3 мк.

Плавность хода при подъеме стола и люфт колонки 8 в гильзе 7 проверяется от руки, а также по концевой мере длиной 100 мм. Меру (плитку) устанавливают ребром на предметную плиту стола, закрепляют струбциной и приводят в контакт с ней измерительные наконечники со сферической рабочей поверхностью, одетые на пиноль и оптиметр. Наблюдая по шкале оптиметра, поворачивают стол в горизонтальной плоскости. При перемене направления перемещения стола, шкала должна двигаться плавно.

Плавность хода при подъеме стола достигается промывкой бензином колонки 8 и отверстия гильзы 7. Люфт стола возникает вследствие износа шпонки 11. Заменой негодной шпонки, изготовленной по месту, новой шпонкой этот дефект устраняется.

Демпфирование стола при его опускании под собственным весом обеспечивается пружинной амортизатора 9. Если стол при опускании падает с ударом, то требуется пружину амортизатора немного растянуть или заменить ее новой.

Перемещение стола в поперечном направлении проверяется при помощи концевой меры длиной 100 мм. Меру (плитку) устанавливают плашмя (на подкладке высотой 30—50 мм) на предметную плиту и закрепляют струбциной. Приведя наконечники пиноли и оптиметра в контакт с мерой (плиткой), выравнивают ее относительно оси измерения. Вращая затем головку 17, перемещают стол в поперечном направлении, наблюдая

за шкалой оптиметра. При попеременном поперечном движении стола шкала не должна смещаться. Смещение шкалы и рывок ее при изменении направления движения предметного стола свидетельствует об износе ласточкина хвоста.

В этом случае производят притирку планки с ласточкиным хвостом при помощи приспособления. Приспособление представляет собой трехгранную чугунную линейку длиной около 200 мм (полученную укорочением нормальной линейки), к которой прижимают планку с ласточкиным хвостом. Притирку производят на чугунной плите с применением электрокорундового порошка М28 (для предварительной притирки) и М14 (для окончательной притирки). После притирки ласточкин хвост проверяется лекальной линейкой. Просвета не должно быть видно.

Образовавшийся при этом люфт устраняют уменьшением высоты боковой направляющей планки путем шлифования ее базовой поверхности. Величина снимаемого слоя определяется по месту. При этом требуется производить проверку (сборкой) после удаления каждых 0,02—0,03 мм слоя.

Направляющие и поверхности ласточкина хвоста смазывают вазелином.

Если перемещение предметной плиты 1 (фиг. 29) происходит с задержкой при наклоне стола, то необходимо произвести промывку бензином и смазку вазелиновым маслом рабочих поверхностей направляющих 2 и шариков 3. Если в результате этого дефект не будет устранен, следует отрегулировать усилие контакта направляющих 2 с шариками. Для этого слегка отжимают направляющие 2 в сторону противоположную шарикам и закрепляют их затем винтами на плите 1. При наличии люфта поступают наоборот: направляющие 2 приближают к шарикам или подборкой по месту устанавливают шарики большего диаметра.

Неплавность перемещения предметной плиты (если этот дефект не был устранен после чистки и смазки направляющих и шариков) может возникнуть также вследствие повреждения рабочей поверхности направляющей (износ, царапины, забоины и пр.).

Проверку плавности хода предметной плиты производят одновременно с проверкой плавности и прямолинейности перемещения стола в поперечном направлении по концевой мере длиной 100 мм, при попеременном наклоне стола в обе стороны, наблюдая при этом за характером перемещения шкалы трубки оптиметра. Шкала должна перемещаться плавно без рывков.

Неплавность перемещения плиты при наклоне стола можно устранить притиркой рабочих поверхностей круглым притиром, диаметром равным диаметру шарика. Абразивом служит элек-

трокорундовый порошок М14 для предварительной и М7 — для окончательной притирки.

Плавающая планка должна легко перемещаться без люфта. Это проверяют до окончательной сборки плавающего узла стола с другими его узлами.

Если плавающая плита при наклоне стола приходит в крайние положения с ударом, нужно поставить новые резиновые амортизаторы 6.

Согласованность установочных движений стола проверяется при помощи концевой меры, которую центрируют относительно оси измерения, а также по гладкому образцовому калибру-пробке диаметром равным 30 мм.

Согласованность движений в допустимых пределах обеспечивается устранением всех перечисленных выше дефектов.

**Юстировка приспособлений для внутренних измерений.** Проверку стабильности нулевой установки приспособлений производят по образцовому калибру-кольцу, установленному на универсальный предметный стол машины. Наклоном и поперечным перемещением стола определяют показание, соответствующее диаметру кольца.

Разность между максимальным и минимальным показаниями по шкале трубки оптиметра не должна превышать 0,3 мк.

Стабильность показаний при измерении приспособления для внутренних измерений при той же установке калибра-кольца проверяют многократным арретированием (5—10 раз). Нестабильность показаний не должна быть более 1 мк.

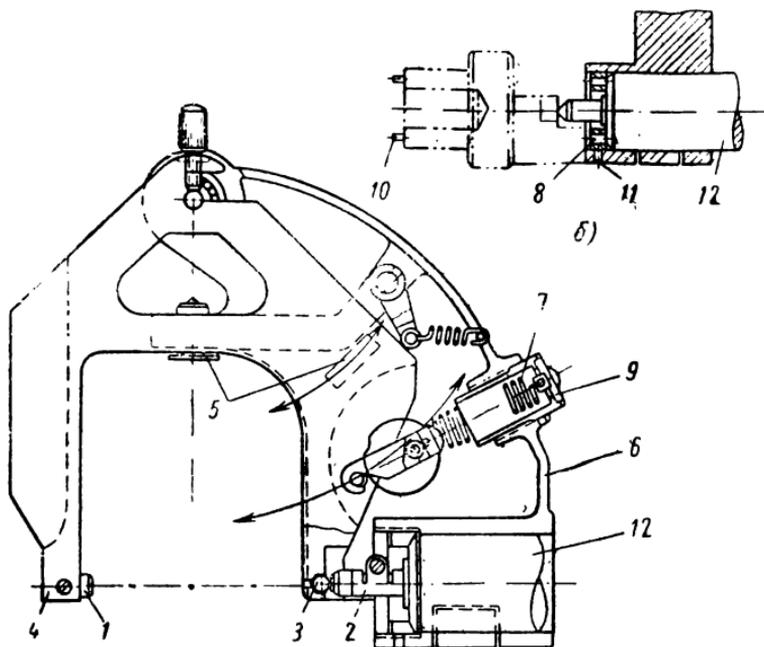
Стабильность показаний и нулевой установки при работе с приспособлением для внутренних измерений зависит в значительной степени от состояния трубок оптиметра, пиноли и универсального предметного стола машины.

Причины возникновения нестабильности показаний, зависящие от состояния собственно приспособлений, состоят в основном в следующем: наличии износа или забоин на рабочей поверхности сферических вставок 1 (фиг. 37 а, б); износе плоских стальных наконечников 2, установленных на трубках пиноли и оптиметра; износе шариков 3, запрессованных в дуги 4; несовпадении центров шариков с осью измерительных наконечников трубок пиноли и оптиметра (пределы до 0,5 мм); износе подшипников 5 в дугах 6; ненормальном усилии осевой пружины 7.

Опорная гайка 8 (фиг. 37, а) скобы, одетой на трубку оптиметра 12 должна обеспечивать возможность и постоянство нулевой установки шкалы трубки оптиметра. Отклонение не должно превышать 0,5 мк. При износе шариков 3 (фиг. 37, а), определяемом при помощи лупы 10<sup>×</sup>, шарики выпрессовывают через имеющееся для этого в дуге 4 отверстие и запрессовывают обратной стороной или заменяют другими. Устранение неплав-

ного перемещения скоб достигается промывкой шарикоподшипников 5 бензином, просушкой и смазкой вазелиновым маслом (без снятия их со своих мест).

Причиной неплавности перемещения скоб может служить также заклинивание дуги 4 между подшипниками 5. В этом случае следует отъюстировать шарикоподшипники 5 поворотом эксцентрической оси, на которой они посажены. Этим же способом устраняют люфт между дугой и шарикоподшипниками.



Фиг. 37. Приспособление для внутренних измерений на машине ИЗМ:

а — общий вид; б — разрез

Нормальное усилие осевой пружины 7 легко достигается регулировкой кольца 9. Если пружина не поддается регулированию, то ее заменяют новой.

Ремонт вставок 1 и наконечников 2 подробно описаны в литературе [7].

После ремонта до начала измерений приспособления для внутренних измерений нужно проверить и отъюстировать. При этом следует иметь в виду, что правильным положением измерительных дуг на приборе считается такое, когда ось наконечников трубок оптиметра и пиноли совпадает с осью шариков. Проверка этого обеспечивается при помощи специального калибра 10 (фиг. 37, б), прилагаемого к прибору.

Юстировку приспособления производят сняв с трубки скобу 6, на измерительные стержни устанавливают плоские наконеч-

ники, которые центрируют. Скобу одевают на трубку оптиметра до упора с кольцом 8, а калибр 10 прикладывают к торцу дуги так, чтобы наконечник оптиметра упирался в торец калибра. При этом изображение шкалы должно находиться в нулевом положении. Отклонение не должно превышать  $\pm 5$  делений. При большем отклонении освобождают стопорный винт 11 и ключом (обратной стороной калибра 10) вращают кольцо 8 в нужном направлении, после чего кольцо закрепляют винтом 11 и снова производят поверку по калибру 10.

Правильность положения левой (пинольной) скобы с дугой проверяют по правой (оптиметровой), заранее установленной скобе. Правую и левую дуги с одетыми на них скобами сдвигают так, чтобы выступ скобы пинольной дуги вошел в паз скобы оптиметровой дуги. При этом обе дуги должны занять вертикальное положение, а измерительные наконечники их должны находиться на одной высоте. Небольшое отклонение исправляют перемещением дуги микровинтом пиноли, а значительное отклонение (более 0,01—0,015 мм) устраняют упорным кольцом пинольной дуги.

**Юстировка и ремонт люнетов.** Биссектриса угла между осями роликов 10 (фиг. 30) люнета должна совпадать с вертикальной плоскостью, проходящей через ось измерения. Чтобы проверить взаимное положение роликов, устанавливают люнет под пинольной трубкой и поднимают его до упора с ней одного из роликов люнета. Затем щупом определяют зазор между пинольной трубкой и другим роликом. Таким же путем проверяют второй люнет, наблюдая за тем, чтобы начальное касание с трубкой пиноли происходило с роликом, находящимся с той же стороны, что и у первого люнета. Взаимное смещение осей роликов люнетов устраняют поворотом эксцентрика 11 (кольцевым ключом) до соприкосновения ролика 10 с трубкой пиноли. Предварительно ослабляют гайку 5.

Ролики 10 при легком соприкосновении их с пинольной трубкой должны свободно вращаться. Заедание устраняют чисткой шариков и поверхностей роликов 10, контактирующих с ними, и смазкой их вазелиновым маслом.

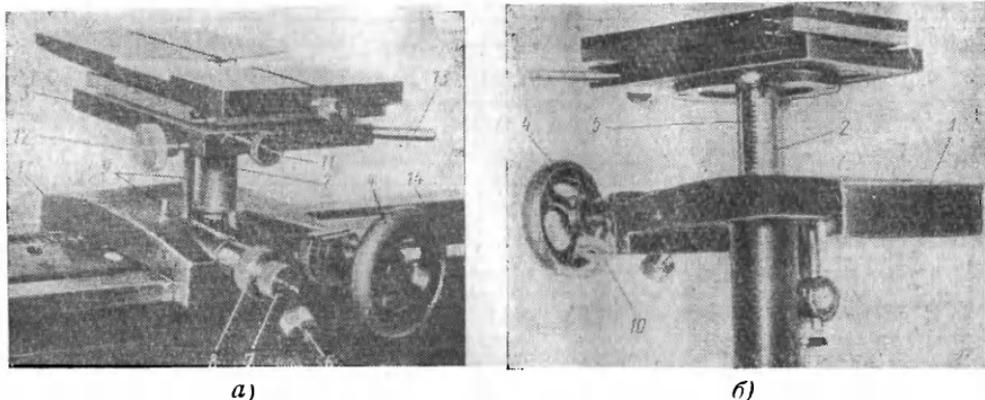
Подъем люнета гайкой 14 должен быть плавным, без заедания. Заедание устраняется чисткой и смазкой резьбы гайки 14, а также резьбы колонки 4 и отверстия основания люнета. При сборке нужно следить за правильным положением дужек 15 и производить затяжку винтов 13 равномерно.

Колонка 4 люнета не должна иметь качки вокруг оси. Основание 1 закрепляют на станине машины и покачивают люнет держа руками ролики. Качку устраняют заменой шпонки 3 (подгонкой ее по месту). В качестве временной меры допускается небольшая правка шпонки, в результате которой рабочая часть ее несколько расширяется.

#### 4. Юстировка и ремонт измерительной машины Цейсс

Измерительная машина Цейсс (ГДР), как было указано выше, в основном, аналогична по конструкции отечественной измерительной машине ИЗМ\*. В ней только существенно отличается конструкция универсального стола.

Универсальный стол машины Цейсс обладает рядом достоинств: простота конструкций, малые габариты и вес, удобство пользования и др. В основании 1 (фиг. 38) перемещается



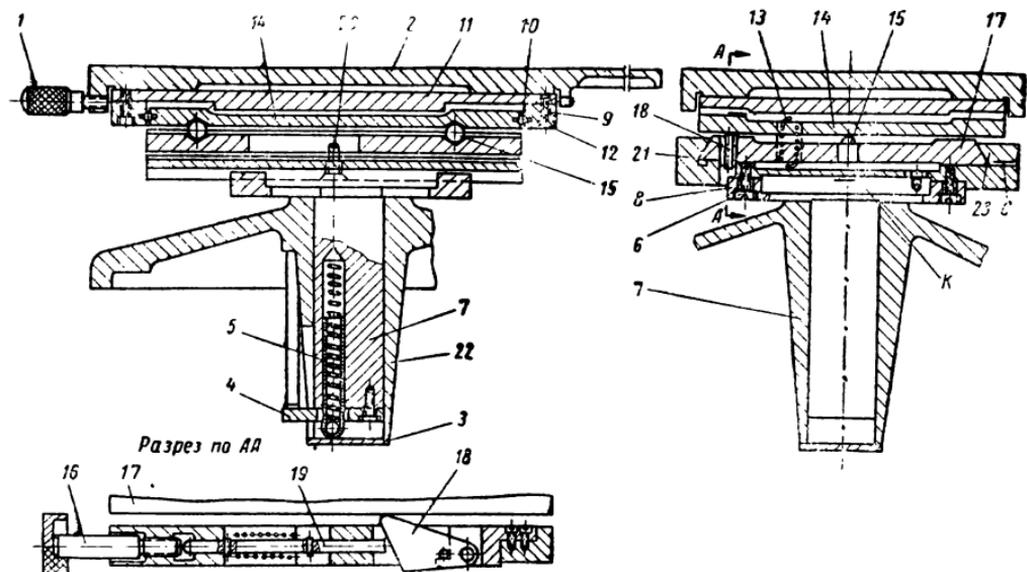
Фиг. 38. Универсальный предметный стол машины Цейсс (общий вид)

в вертикальном направлении шток 2, со смонтированным на нем универсальным столом 3. Перемещение производится маховичком 4 посредством зубчатого колеса, насаженного на его ось и соответствующей рейки 5, укрепленной на штоке. Основание стола крепится на станине 14 машины головкой 6. Пределы вертикального перемещения стола для конкретных случаев измерения ограничиваются стержнями 9 при помощи головок: 7 — вверх и 8 — вниз. Закрепление стола в заданном положении производится головкой 10. Стол можно наклонять головкой 11 на угол  $\pm 10^\circ$  от горизонтального положения его, перемещать в поперечном направлении головкой 12 на длину около 10 мм и поворачивать вокруг вертикальной оси рычагом 13 на угол около  $20^\circ$ .

При разборке стола соблюдают следующий порядок. Ослабляют винт 1 (фиг. 39) и снимают предметную плиту 2, затем освобождают головку и снимают стол со станины машины. Положив стол с основанием набок, выводят его в крайнее верхнее положение, отвертывают снизу три винта и снимают крышку 3. Затем, отвернув два винта, снимают шпонку 4, вынимают амортизатор 5 и два ограничителя и вынимают стол из основа-

\* Следовательно, изложенные выше методы и порядок юстировки и ремонта отечественных измерительных машин типа ИЗМ можно применить при юстировке и ремонте машин Цейсс.

ния. Далее отвертывают четыре винта 6, снимают шток 7 и отделяют от него кольцо 8. После этого отвертывают два винта 12, снимают с контрольных шпилек боковую направляющую планку 9 и по два шарика 10 с обеих сторон стола и снимают верхнюю плиту 11 стола. Затем отвертывают три винта и, оттянув крючком (или тонкой отверткой) пружины 13, вынимают из впадин шпильки, удерживающие эти пружины. Потом снимают плавающую планку 14 и два шарика 15, служащие опорами и



Фиг. 39. Универсальный предметный стол машины Цейсс (разрез)

осью наклона стола вокруг горизонтальной оси. Затем отвертывают винт 16 наклона стола, вывертывают два винта и снимают с ласточкина хвоста 17 кулачок 18, под воздействием которого наклоняется стол. Механизм наклона стола показан на фиг. 39 (разрез по AA). Плунжер 19 с пружиной можно вынуть, удалив из него две шпильки. Отвернув далее винт 20, отделяют ласточкин хвост 17 от основания стола и снимают две пружины 13, прижимающие стол к кулачку 18 и возвращающие его при вывертывании винта 16. После этого отвертывают четыре винта и снимают подшипник с узлом поперечного перемещения стола (головка 12 с шестерней, фиг. 38). Затем отвертывают два винта и снимают рейку 5.

Разборка самого основания стола и узлов, закрепляющих основание на станине, и других частей не вызывает затруднения и поэтому здесь не рассматривается.

Универсальный предметный стол должен обладать плавностью всех перемещений без люфтов и четкостью центрирования измеряемого объекта относительно оси измерения при движении стола (поворот в горизонтальной плоскости, наклон стола, подъем стола и его поперечное перемещение).

Проверку стола производят по концевой мере 1-го класса точности (ОСТ 85000-39) длиной 80—100 мм, установленной на предметную плиту стола машины узким ребром. Наконечники со сферической измерительной поверхностью, надетые на трубки пинולי и оптиметра, центрируют и приводят в контакт с измерительной поверхностью концевой меры.

Наблюдая в окуляр оптиметра, медленно поворачивают стол рычагом 13. При этом вращение стола должно происходить плотно (но не слишком туго), а перемещение шкалы при вращении стола в одну или другую сторону должно происходить плавно без скачков. Показания по шкале должны совпадать на одном и том же делении. Изменение показаний не должно превышать 0,3 мк. Поднимая и опуская стол, определяют прямолинейность его подъема. Непрямолинейность не должна превышать 0,5 мк.

При проверке прямолинейности поперечного хода стола укладывают концевую меру на стол широкой нерабочей поверхностью и приводят в контакт с ней сферические наконечники. Затем центрируют концевую меру соответствующими движениями стола (поворот и наклон) и, перемещая стол головкой 12, наблюдают за показаниями по шкале. Изображение шкалы не должно смещаться, а при изменении направления перемещения стола не должно наблюдаться скачков шкалы. Изменение показания и скачки шкалы не должны превышать 0,3 мк.

При наличии качки стола вследствие зазора между шпонкой 4 (фиг. 39) и шпоночным пазом или вследствие зазора между плавающей планкой 14 и направляющими 9 перемещение изображения шкалы в начале вращения стола и при изменении направления вращения его будет начинаться резким скачком.

Зазор между шпонкой и шпоночным пазом можно легко установить покачиванием стола вручную, держа за основание 21. Покачивание производят с усилием, немного меньшим усилия, требуемого для поворота стола вокруг оси. Зазор между плавающей планкой и направляющими можно легко установить покачиванием стола и на слух. При этом стол держат руками за направляющие планки 9.

Смещение изображения шкалы при подъеме стола свидетельствует о неравномерном износе шпоночного паза стакана основания 22.

Слишком слабое или тугое вращение стола возникает вследствие его загрязнения, отсутствия или загустения смазки между трущимися поверхностями торца *K* штока 7, кольца 8 и основания 21 стола. Промывкой бензином и смазкой ланолином достигается надлежащая плотность и плавность вращения стола. Неплавное перемещение шкалы при повороте стола может возникнуть в результате отсутствия смазки на поверхностях *K* поворотной части стола, зазора между плавающей планкой 14 и направляющими 9, вмятин на рабочих поверхностях направляю-

ших и планки, люфта между шпоночным пазом стакана основания 22 и шпонки.

Поверхности *K* смазывают слоем ланолина. При наличии зазора между плавающей планкой и направляющими ослабляют винты 12 (показаны пунктиром), крепящие одну из направляющих, и, прижимая ее к плавающей планке, затягивают винты. Зазор можно устранить также заменой шариков другими, большего диаметра. В результате перемещение предметной плиты при наклоне стола должно происходить свободно, без заедания.

Наличие вмятин определяют при вращении стола вокруг оси. Скачок при перемещении изображения шкалы будет наблюдаться на каком-нибудь участке в процессе вращения стола. Вмятины на направляющих (в зависимости от глубины) устраняют шлифованием либо притиркой специальным притиром, либо заглаживанием цилиндрическим чугунным стержнем, покрытым доводочной пастой. Диаметр стержня должен быть равен диаметру шарика, установленного между направляющими и плавающей планкой. При наличии больших повреждений направляющие заменяют новыми.

Зазор между шпонкой 4 и шпоночным пазом устраняют заменой шпонки новой, которую притирают по месту. В качестве временной меры для устранения качки стола исправляют старую шпонку. Для этого ее снимают и несколькими ударами молотком по широкой нерабочей части шпонки увеличивают ее размер и подгоняют к шпоночному пазу. Во всех случаях нужно убедиться в том, что стороны шпоночного паза взаимно параллельны по всей длине. Если это не имеет места, то сначала нужно притереть поверхности паза до получения параллельности в пределах 0,005 мм, после чего пригонять шпонку к пазу. После подгонки шпонки перемещение стола в вертикальной плоскости должно происходить прямолинейно без люфта по всей высоте подъема.

Неплавность перемещения шкалы и нечеткость центрирования измеряемого объекта при наклоне стола головкой 11 (фиг. 39) возникает в результате износа или повреждения контактной поверхности кулачка 18 и нижней плоскости ласточкина хвоста 17 в месте контакта с кулачком; а также в результате загрязнения и износа гнезд, в которых помещаются шарики 15. Кроме того, неплавность может возникнуть в результате малого усилия пружин 13. Действительная причина устанавливается тщательной проверкой перечисленных элементов глазомерно и по концевой мере. Устранение дефектов производится полировкой рабочей сферы кулачка и притиркой или зачисткой участка ласточкина хвоста, с которым контактирует кулачок. Если причиной неплавности является износ гнезд под шарик, то гнезда зачищают тонкой шкуркой при помощи стержня с конусным концом, а затем полируют крокусной шкуркой. При недостаточном усилии пружин их требуется заменить.

Смещение шкалы при поперечном движении стола возникает вследствие неравномерного износа рабочих поверхностей ласточкина хвоста, а скачки изображения шкалы в начале и при изменении направления перемещения стола — вследствие зазора между ласточкиным хвостом и его направляющими в основании.

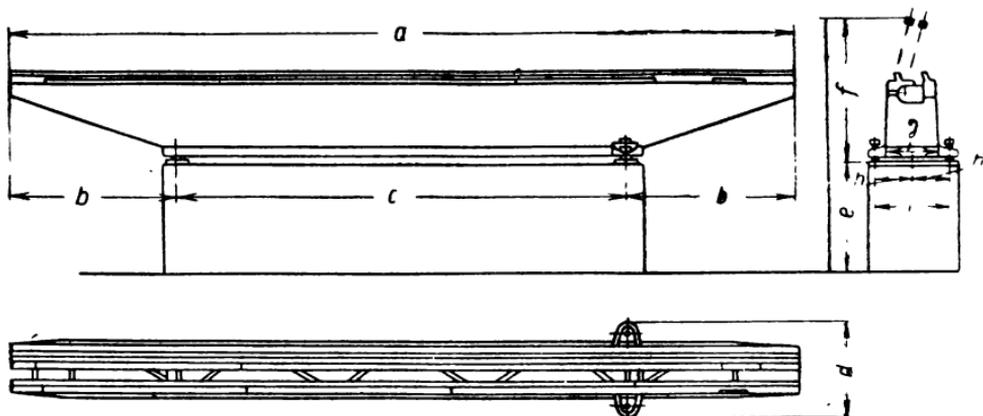
Люфт ласточкина хвоста устраняют притиркой плоскости *C* боковой планки 23, после чего планка садится ниже, выбирая люфт. Износ ласточкина хвоста устраняют притиркой его рабочих поверхностей на чугунной плите микроабразивным порошком (М10 — для предварительной притирки и М7 — для окончательной притирки) или доводочной пастой последовательно 10 *мк* и 4 *мк*. В качестве приспособления (кондуктора) для точной притирки применяют брусок с углом, соответствующим углу скоса ласточкина хвоста. Последний прижимают при притирке к бруску.

После притирки рабочих поверхностей ласточкина хвоста обязательно требуется притирка опорной поверхности *C* боковой планки 23.

---

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Основные размеры измерительных машин и фундаментов для них



(фиг. 40)

Обозначение размеров	Машины с пределами измерений в мм				Обозначение размеров	Машины с пределами измерений в мм			
	0-1000	0-2000	0-3000	0-6000		0-1000	0-2000	0-3000	0-6000
<i>a</i>	1860	2880	3900	7000	<i>e</i> (для работы сидя)	450	390	350	240
<i>b</i>	375	600	855	1500	<i>f</i>	570	630	670	780
<i>c</i>	1110	1680	2190	4000	<i>g</i>	250	260	260	290
<i>d</i>	390	440	440	540	<i>h</i>	165	180	180	225
<i>e</i> (для работы стоя)	650	590	550	440	<i>i</i>	330	360	360	450
					Вес машины в кг	280	530	630	950

### Объем и характер работ при периодической проверке измерительных машин типа ИЗМ

Станина машины и микрометрическое устройство.

1. Общее состояние станины.
2. Состояние рейки пинольной бабки.

3. Состояние рейки и микрометрического устройства.
4. Положение станины в горизонтальной плоскости.
5. Прямолинейность направляющих станины в продольном направлении и в поперечном.
6. Характер работы и плавность хода микровинта.
7. Надежность закрепления и стабильность положения шкалы при закреплении.
8. Положение индексов вспомогательных шкал.

### Измерительная и пинольная бабки

1. Состояние наружных поверхностей.
2. Плавность и прямолинейность перемещения.
3. Состояние осветительного устройства.
4. Совпадение осей отверстий под пинольную и оптиметровую трубки.

### Трубка пиноли

1. Плавность перемещения микровинта.
2. Действие юстировочных винтов.
3. Радиальный и осевой люфт измерительного стержня.
4. Надежность закрепления главного стержня и стабильность положения шкалы оптиметра.

### Трубка оптиметра

1. Состояние наружных поверхностей.
2. Состояние оптической системы.
3. Плавность перемещения окуляра.
4. Состояние шкалы и положение ее относительно индекса.
5. Пределы перемещения шкалы.
6. Разнофокусность шкалы и индекса (параллакс).
7. Состояние осветителя.
8. Осевой люфт измерительного стержня и радиальный.
9. Стабильность показаний.
10. Погрешность показаний.

### Отсчетный микроскоп

1. Состояние оптической системы.
2. Резкость изображения миллиметровой шкалы и дециметровой.
3. Плавность перемещения окуляра.
4. Характер освещения поля зрения.

### Миллиметровая шкала

1. Общее состояние шкалы.
2. Положение шкалы в горизонтальной плоскости и в вертикальной.
3. Резкость изображения штрихов шкалы относительно биссекторов (параллакс).

## Объективы и дециметровая шкала

1. Общее состояние шкалы и объективов.
2. Резкость изображения биссекторов шкалы.
3. Положение изображения биссекторов относительно штрихов миллиметровой шкалы.
4. Освещенность поля зрения дециметровых интервалов.
5. Фокусировка объективов измерительной и пинольной бабок.
6. Погрешность показаний.

## Предметный стол

1. Общее состояние стола.
2. Плавность и характер перемещений стола (подъем, наклон, поворот).
3. Надежность закрепления частей стола.
4. Четкость центрирования столом концевой меры.
5. Прямолинейность вертикального перемещения стола и поперечного.

## Люнеты

1. Общее состояние люнетов.
  2. Положение люнетов относительно оси измерения.
  3. Характер работы люнетов.
  4. Действие зажимных винтов.
- Приспособление для внутренних измерений
1. Общее состояние приспособления.
  2. Стабильность показаний при внутренних измерениях.
  3. Измерительное усилие.

## Наконечники

Состояние рабочей поверхности и корпуса наконечников.

## Примечание

При поверке машин должна составляться поверяющим техническая карта, в которую заносятся, кроме результатов поверки по указанному объему, данные о принадлежности машины, месте ее нахождения и органе производящем поверку, а также основные данные из технической характеристики машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Апарин, И. Е. Городецкий, Допуски и технические измерения, Машгиз, 1956.
  2. Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, Инструкция 105-55 по поверке измерительных машин. Москва, 1956.
  3. ГОСТ 5405-54, Оптиметры.
  4. В. Л. Волосевич, Многометровые концевые измерительные машины с упрощенной оптикой, «Измерительная техника» № 4, 1956.
  5. Комитет по делам мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, Информационные материалы по рационализации средств и методов поверки мер и измерительных приборов, Москва, 1952.
  6. Комитет по делам мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, Всесоюзный исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева, Линейные измерения, Труды ВНИИМ, выпуск 20 (80), Машгиз, 1953.
  7. А. В. Эрвайс, Юстировка и ремонт оптико-механических измерительных приборов, Машгиз, 1958.
  8. А. В. Эрвайс, Новые измерительные машины, «Измерительная техника» № 7, 1959.
-

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие . . . . .	3
<b>I. Типы и техническая характеристика измерительных машин</b>	<b>5</b>
1. Измерительная машина ВНИИМ . . . . .	7
2. Многометровая измерительная машина с упрощенной оптикой	11
3. Новая универсальная измерительная машина Цейсс (ГДР)	11
4. Измерительные машины фирмы SIP (Швейцария) . . . . .	13
5. Измерительная машина фирмы Лейтц (ФРГ) . . . . .	18
6. Измерительная машина фирмы Сименс и Шуккерт	20
7. Машины фирмы Уоттс (Англия) . . . . .	23
8. Измерительные машины Хоммель-Верке (ФРГ)	25
9. Концевые бесшкальные измерительные машины . . . . .	26
10. Измерительные машины отечественного производства типа ИЗМ	29
<b>II. Погрешности показаний измерительных машин . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>III. Юстировка и ремонт оптических измерительных машин . . . . .</b>	<b>43</b>
1. Средства и инструмент, необходимые для ремонта и юстировки машин . . . . .	43
2. Порядок разборки и сборки узлов машины . . . . .	50
Разборка пинольной бабки . . . . .	51
Разборка измерительной бабки . . . . .	53
Разборка трубки оптиметра . . . . .	53
Разборка миллиметровой шкалы . . . . .	58
Разборка узла микрометрической подачи измерительной бабки	58
Разборка универсального стола . . . . .	60
Разборка люнета . . . . .	61
3. Ремонт и юстировка узлов машины . . . . .	61
Устранение дефектов станины . . . . .	61
Устранение дефектов бабок . . . . .	64
Устранение неравномерности освещения . . . . .	67
Юстировка миллиметровой стеклянной шкалы . . . . .	67
Юстировка отсчетного микроскопа . . . . .	71
Юстировка дециметровой шкалы . . . . .	73

Юстировка коллимационных объективов пинольной и измерительной бабок . . . . .	81
Юстировка и ремонт трубки пиноли . . . . .	82
Юстировка и ремонт трубки оптиметра . . . . .	84
Юстировка и ремонт универсального предметного стола . . . . .	92
Юстировка приспособлений для внутренних измерений . . . . .	94
Юстировка и ремонт люнетов . . . . .	96
4. Юстировка и ремонт измерительной машины Цейсс . . . . .	97
Приложения . . . . .	102
Литература . . . . .	105



Аркадий Владимирович Эрвайс  
**ЮСТИРОВКА И РЕМОНТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ  
 МАШИН**

Технический редактор *Г. В. Смирнова*  
 Корректор *А. М. Усачева*

Сдано в набор 19/IX 1959 г.

Подписано в печать 22/III 1960 г.

Формат бумаги 60×92<sup>1/16</sup>

Печ. л. 6,75    Бум. л. 3,38    Уч.-изд. л. 6,75

T-03237    Тираж 4200 экз.    Зак. 559

Московская типография Госгортехиздата, Москва,  
 Ж-88, Южно-портовый 1-й пр., 17

## ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
8	7-я снизу	б — автоматизационное устройство	б — автоколлимационное устройство
23	17-я сверху	Подвесное приспособление	Приспособление
27	1-я снизу	0,016	— 0,016
28	2-я сверху	(+ 0,016)	(— 0,016)
49	14-я сверху	Динаметр	Динамометр
49	18-я сверху	Динамометр	Динаметр
68	9, 10-я сверху	отмачивают	отмучивают
84	12-я сверху	правильность изображения шкалы	правильность положения изображения шкалы
99	23-я снизу	(фиг. 31)	(фиг. 39)