

А. В. ЭРВАЙС

# ЮСТИРОВКА И РЕМОНТ ОПТИМЕТРОВ



МАШГИЗ • 1948

МИНИСТЕРСТВО СТАНКОСТРОЕНИЯ СОЮЗА ССР  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ БЮРО ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ

---

А. В. ЭРВАЙС

# ЮСТИРОВКА И РЕМОНТ ОПТИМЕТРОВ



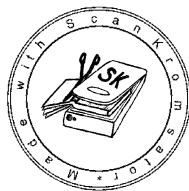
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МОСКВА 1948

В книге приведены основные методы ремонта и юстировки оптиметров, являющиеся результатом обобщения большого практического опыта цеха юстировки Научно-исследовательского бюро взаимозаменяемости Министерства станкостроения СССР.

Приведённые методы могут быть применены на любом заводе к приборам, однотипным с рассмотренными в настоящей книге.

Помимо юстировки и ремонта оптиметров приведены сведения по ремонту всех видов наконечников для оптиметров и других оптико-механических измерительных приборов.

Книга предназначена для слесарей-механиков, механиков-юстировщиков, работников измерительных лабораторий и контрольных пунктов цехов металлообрабатывающих заводов.



Scan AAW

Рецензент. А. Н. ВЕДМИДСКИЙ

Редактор А. Я. Колли

---

Главная редакция  
литературы по металлообработке и станкостроению  
Главный редактор инж. Р. Д. БЕЙЗЕЛЬМАН

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Бурный рост промышленности, всё растущие требования, предъявляемые к взаимозаменяемости деталей в машиностроении, требуют более высокой точности обработки деталей и, следовательно, более точных средств измерения.

Оптические измерительные приборы имеют в машиностроительной промышленности широкое применение. Они требуют внимательного отношения и своевременной проверки для устранения возникших дефектов во избежание брака, который может быть вызван неисправностью прибора.

В настоящей книге описаны методы ремонта и юстировки вертикальных и горизонтальных оптиметров, широко распространённых на заводах металлообрабатывающей промышленности нашей страны. Приведённые в книге основные методы ремонта и юстировки применяются на практике, не требуют особенно большого количества оборудования и могут быть осуществлены на любом заводе, имеющем оптико-механические измерительные приборы. По аналогии эти методы могут быть применены к однотипным с рассмотренными приборам.

Надеюсь, что этот труд окажется полезным для работников измерительных лабораторий, контрольных пунктов заводов и механиков. За все замечания и пожелания, которые могут быть полезными в дальнейшем, буду очень благодарен.

*Автор*



## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Среди оптических измерительных приборов, применяемых в машиностроительной промышленности, особую группу составляют автоколлимационные приборы, основанные на принципе оптического рычага. К наиболее распространённым приборам этого типа относятся оптиметры, которые нашли широкое применение на машиностроительных заводах и необходимы в отделах технического контроля, заводских лабораториях и других пунктах, производящих точные измерения.

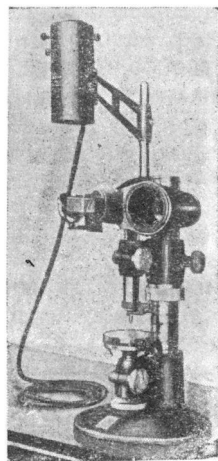
Оптиметр состоит из оптической трубки и вертикальной или горизонтальной стойки.

Вертикальные оптиметры (фиг. 1) применяют для точных измерений длин (концевых мер, наружного диаметра цилиндрических изделий и др.) относительным методом.

Более широкое применение имеют горизонтальные оптиметры (фиг. 2), на которых можно измерять также гладкие скобы и кольца и резьбовые калибры-пробки.

Горизонтальный оптиметр имеет специальный круглый столик и приспособления для внутренних измерений с установленными в дугах шаровыми наконечниками, которыми можно проверять средний диаметр резьбовых колец.

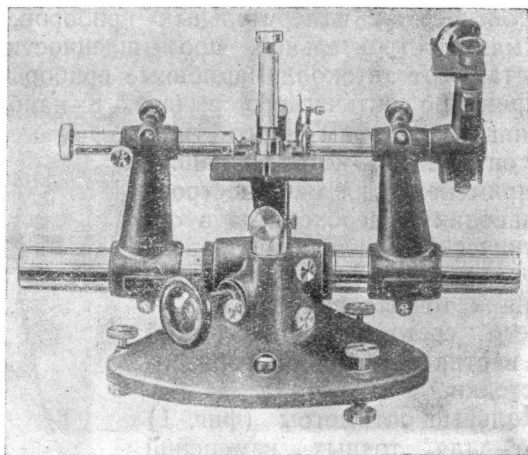
Основной частью оптиметра является автоколлимационная замкнутая трубка, конструкция которой основана на принципе оптического рычага. Применение такой трубки дало возможность, не увеличивая габаритов и веса прибора, удлинить большое плечо рычага, что в свою очередь дало возможность увеличить и малое (механиче-



Фиг. 1

ское) плечо, придав ему удобную конструктивную форму и требуемую чувствительность. Цена деления трубки оптиметра —  $0,001$  мм; рабочая часть шкалы —  $0,2$  мм ( $\pm 0,1$  мм); измерительное усилие —  $200 \pm 20$  г.

Для удобства работы к прибору прилагается также проектирующее устройство, позволяющее наблюдать за перемещением шкалы со значительно большим увеличением, чем через окуляр.



Фиг. 2

Проектирующее устройство работает в сочетании со специальным осветительным приспособлением.

### **Основные понятия о ремонте и юстировке оптиметра.**

Для того чтобы в процессе измерения точность прибора соответствовала нормам точности Комитета по делам мер и измерительных приборов при Совете Министров Союза ССР, необходимо производить не реже одного раза в 3—4 мес. периодическую проверку прибора по основным элементам, обеспечивающим точность его показаний. При проверке прибора могут выявиться дефекты, которые можно устранить юстировкой, не требующей его разборки.

В результате износа и механических повреждений прибора и в целях устранения возникших дефектов, нарушающих точность показаний или мешающих работе, мо-

жет потребоваться разборка какого-либо узла или всего прибора. В этих случаях после ремонта прибор подвергается юстировке.

Вертикальная и горизонтальная стойки за редким исключением (например юстировка стола вертикальной стойки) требуют ремонтных операций, так как они не снабжены юстировочным устройством и возникающие в стойках дефекты вызваны либо износом, либо повреждением частей.

Перед тем как приступить к юстировке или разборке прибора, необходимо точно установить, в каком узле возник тот или иной дефект. Это приводит к минимальным затратам времени на устранение дефекта и не нарушает нормального положения других узлов.

При необходимости полной разборки прибора рекомендуется производить её по отдельным узлам. После разборки и соответствующего ремонта узел нужно собрать и установить на своё место или поместить под стеклянный колокол для защиты от пыли. Как правило, разборку прибора нужно производить в случаях крайней необходимости.

### **Организация рабочего места**

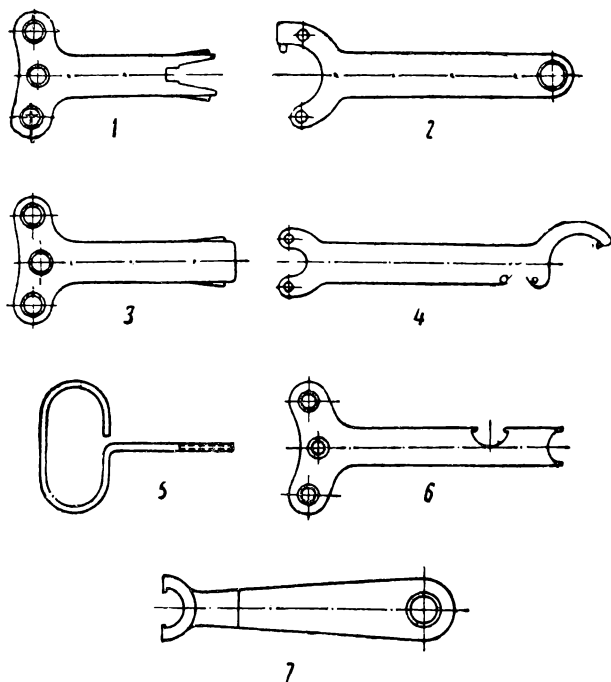
Помещение, где производится юстировка, должно быть чистым, сухим, светлым и должно быть оборудовано вентиляцией. Температура в помещении должна поддерживаться в пределах 18—22° С. Относительная влажность воздуха должна составлять 50—60 %.

При работе с искусственным освещением лампы должны быть снабжены абажурами молочного цвета. Рабочее место юстировщика должно быть оборудовано столом, покрытым линолеумом. На рабочем месте юстировщик должен иметь все необходимые для работы промысловые, смазочные и протирочные материалы, которые должны храниться в специальной посуде (банки и флаконы с притёртыми пробками и др.).

Для разборки прибора и юстировочных операций юстировщик должен иметь набор специальных ключей (фиг. 3): 1 — для отвёртывания кольца крепления втулки с зеркалом; 2 — для отвёртывания крышки призмы и соединительного кольца окулярной головки; 3 — для отвёртывания кольца крепления объектива; 4 — для отвёртывания диоптрийного кольца окуляра; 5 — для вынимания

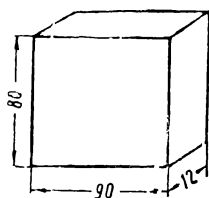


штулки с зеркалом из трубки; 6 — для отвёртывания головки и упорной гайки осевой пружины трубки пиноли;



Фиг. 3

7 — для отвёртывания контргайки механизма подъёма стола вертикальной стойки.



Фиг. 4

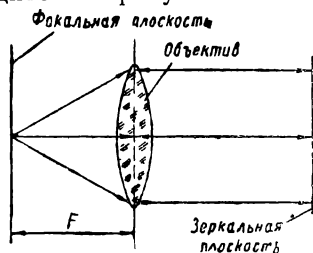
Помимо указанных ключей необходимо иметь набор инструмента, состоящий из круглогубцев, часовых и слесарных отвёрток, специальных инструментов и приспособлений. Инструменты должны быть хорошего качества, чтобы не портить деталей и поверхностей прибора.

Для проверки прибора требуется набор плиток 3-го разряда, специальная проверочная плитка (фиг. 4) и проверенные наконечники разных форм.

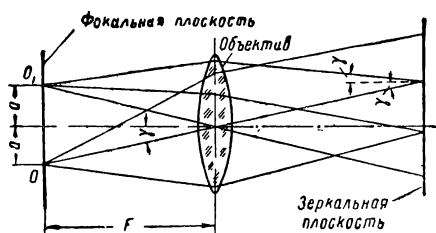
# ТРУБКА ОПТИМЕТРА

## Принцип действия трубки

Одной из наиболее важных частей оптиметра является трубка. Схема трубки оптиметра основана на сочетании автоколлимации с качающимся зеркалом. В основе принципа автоколлимации лежит свойство объектива собирать параллельно направленные лучи в фокусе объектива и превращать пучок лучей, исходящих из источника света, расположенного в фокусе объектива, в пучок параллельных лучей (фиг. 5). Если источник света находится в фокусе объектива, то луч, совпадающий с глав-



Фиг. 5



Фиг. 6

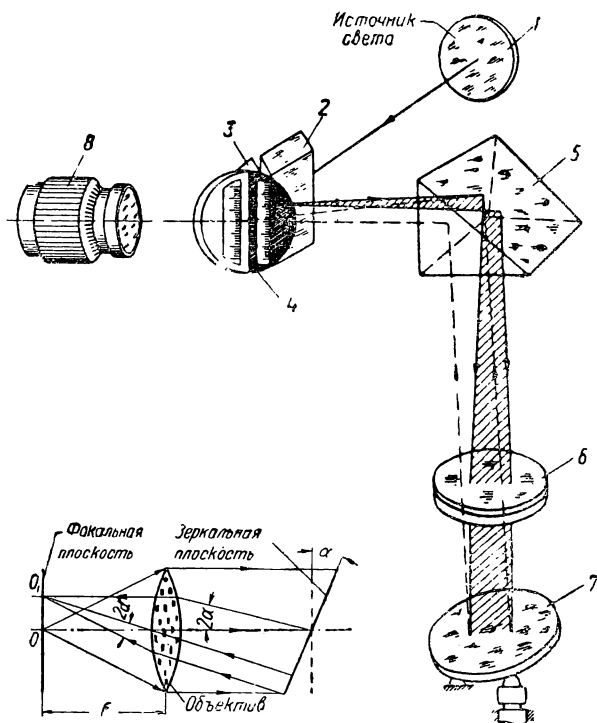
ной оптической осью, пройдёт объектив без преломления, а остальные лучи после преломления пойдут параллельно главной оптической оси. Встретив на пути зеркальную поверхность, перпендикулярную оптической оси, лучи, отразившись, пойдут в обратном направлении также параллельно оптической оси и вновь соберутся в фокусе объектива.

Если источник света не совпадает с фокусом объектива, но расположен в фокальной плоскости на расстоянии  $a$  от фокуса (фиг. 6), то один из лучей (центральный) от источника света пройдёт по побочной оптической оси, а остальные лучи, преломившись, пойдут параллельно побочной оптической оси. Встретившись с зеркальной плоскостью, перпендикулярной главной оптической оси, лучи, отразившись под углом  $\gamma$  к главной оптической оси, пройдут параллельным пучком и, преломившись в объективе, соберутся в точке  $O_1$ , симметричной относительно точки  $O$ . Величина  $a = F \operatorname{tg} \gamma$ .

Если же источник света расположен в фокусе объектива, но зеркальная плоскость находится под углом  $\alpha$

к главной оптической оси, то лучи, отразившись, пойдут под углом  $2\alpha$  (фиг. 7) к главной оптической оси и, преломившись в объективе, сойдутся в точке  $O_1$ , отстоящей от точки  $O$  на расстоянии  $t = F \operatorname{tg} 2\alpha$ .

Оптическая схема оптиметра (фиг. 8) представляет собой принципиальное сочетание схем, показанных на фиг.



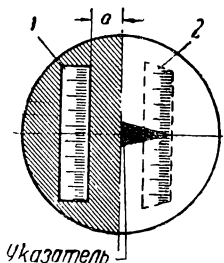
Фиг. 7

Фиг. 8

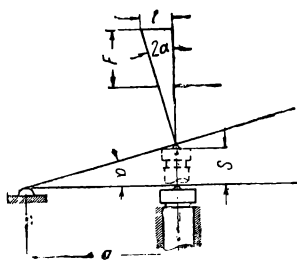
6 и 7, причём зеркало поворачивается в направлении, перпендикулярном плоскости, на которой расположена шкала. Луч света, направленный осветительным зеркалом 1 через стеклянную пластинку 2 в трёхгранную призму 3, попадает на шкалу 4, смещённую относительно главной оптической оси согласно схеме на фиг. 6. Пройдя шкалу, луч попадает в призму полного внутреннего отражения 5 и под углом  $90^\circ$  проходит, преломившись, через объектив 6. Выйдя из объектива, луч отразится от зеркала 7 и согласно схеме фиг. 7 возвратится

к источнику света со смещением относительно главной оптической оси. Зеркало 7, как сказано выше, воспринимает и отражает параллельный пучок лучей (после прохождения через объектив). Изображение шкалы окажется с другой стороны относительно главной оптической оси. Так как свет посылается от всех точек пластинки за исключением зачернённых штрихов шкалы, то на фокальной пластинке эта шкала будет видна в виде тёмных штрихов на светлом поле.

Изображение шкалы будет действительным и по размерам будет равно нанесённой шкале. Необходимое увеличение даёт окуляр 8.



Фиг. 9



Фиг. 10

Шкала в оптиметре нанесена левее вертикальной линии симметрии на некоторую величину  $a$  (фиг. 9). Если отражающая зеркальная плоскость находится в положении, перпендикулярном оптической оси, то изображение шкалы сместится относительно той же линии симметрии на такую же величину вправо. При этом нулевой штрих действительной шкалы 1 на горизонтальной линии симметрии совместится в отражённой шкале 2 с горизонтальной линией в определённом участке, отмеченном неподвижным коротким штрихом. Этот штрих называют указателем.

Если зеркало не перпендикулярно оси, то отражённая шкала переместится параллельно вертикальной линии симметрии относительно неподвижного указателя. В этом случае с указателем будет совпадать уже не нулевое деление шкалы, а иное, в зависимости от величины и направления перемещения.

Угол поворота зеркала  $\alpha$  при перемещении измерительного стержня на величину  $S$  и при механическом плече  $a$  (фиг. 7 и 10)) будет равен

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{a}. \quad (1)$$

Из схемы фиг. 7 известно, что при повороте зеркала на угол  $\alpha$  отражённые лучи отклоняются на угол  $2\alpha$  и шкала сместится на величину

$$t = F \operatorname{tg} 2\alpha. \quad (2)$$

Передаточное отношение оптиметра  $K = \frac{t}{S}$ , где  $t$  — расстояние, на которое перемещается шкала относительно указателя. Из формулы (1) следует, что

$$S = a \operatorname{tg} \alpha,$$

Подставляя величины  $t$  и  $S$  получим

$$K = \frac{t}{S} = \frac{F \operatorname{tg} 2\alpha}{a \cdot \operatorname{tg} \alpha}.$$

В существующих конструкциях трубок оптиметров  $F = 200$  мм;  $a = 5$  мм.

Если из-за малой величины углов принять  $\operatorname{tg} 2\alpha = 2\alpha$  и  $\operatorname{tg} \alpha = \alpha$ , то

$$K = \frac{t}{S} = \frac{2F}{a}, \quad (3)$$

откуда  $K = \frac{2 \cdot 200}{5} = 80$ , т. е. при перемещении наконечника на 1  $\mu$  шкала переместится на 80  $\mu$ .

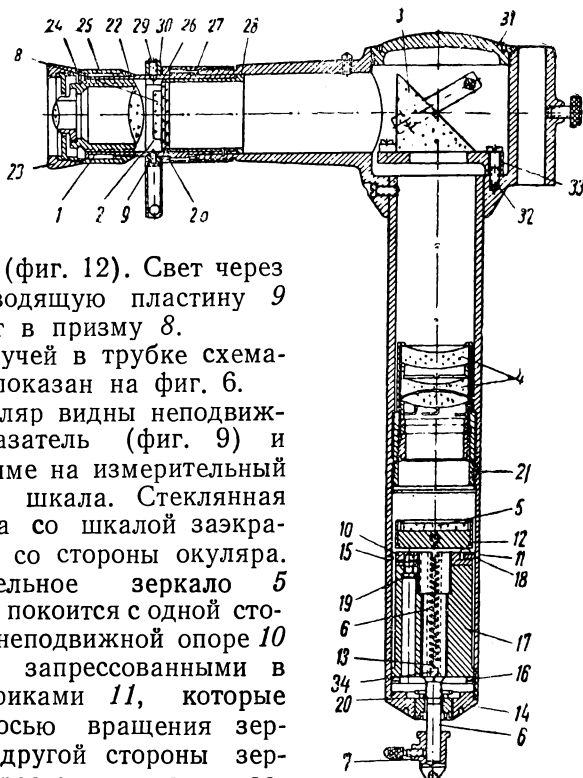
Отсюда можно подсчитать, каково должно быть действительное расстояние между штрихами шкалы, чтобы при данных параметрах (механическом  $a$  и оптическом  $F$ ) получить требуемую цену деления и, наоборот, при заданных цене деления, фокусном расстоянии и расстоянии между соседними штрихами можно было подобрать величину механического плеча  $a$ .

Расстояние между соседними штрихами шкалы равно 0,08 мм. При этом передаточное отношение с учётом расстояния между штрихами шкалы составит

$$K = \frac{80}{0,080} = 1000.$$

Расстояние между штрихами недоступно для непосредственного наблюдения. При 12-кратном увеличении окуляра видимое расстояние между штрихами составляет  $0,08 \cdot 12 = 0,96$  мм. Таким образом интервал деления равный 0,96 мм, оцениваемый при наблюдении через окуляр, соответствует перемещению измерительного стержня на 1  $\mu$ .

Трубка оптиметра (фиг. 11) представляет собой изогнутую под прямым углом автоколлимационную трубку с окуляром 1, фокальной пластинкой с нанесённой на ней шкалой 2, преломляющей призмой 3, объективом 4, качающимся зеркалом 5 и измерительным стержнем 6 с наконечником 7. Шкала нанесена на стеклянной пластине, защищённой стеклом 2а. К защитному стеклу приклеена канадским бальзамом призма полного внутреннего отра-



Фиг. 11

жения 8 (фиг. 12). Свет через светопроводящую пластину 9 поступает в призму 8.

Ход лучей в трубке схематически показан на фиг. 6.

В окуляр видны неподвижный указатель (фиг. 9) и при нажмe на измерительный стержень шкала. Стеклянная пластинка со шкалой заэкранирована со стороны окуляра. Отражательное зеркало 5 (фиг. 11) покоится с одной стороны на неподвижной опоре 10 с двумя запрессованными в ней шариками 11, которые служат осью вращения зеркала; с другой стороны зеркало опирается на шарик, запрессованный в измерительный стержень 6, который перемещается вдоль своей оси. Зеркало таким образом имеет возможность изменять угол наклона к оптической оси в одной плоскости. Зеркало находится в стальной оправе 12, имеющей с боков две шпильки, на которые надеваются ушки пружин 13. Вторые концы пружин закрепляются винтами 34. Пружины 13 прижимают зеркало

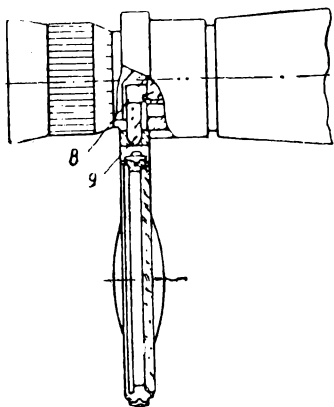
с оправой к трём шарикам, заставляя зеркало и измерительный стержень возвращаться в исходное положение.

Трубка оптиметра устанавливается на вертикальную или горизонтальную стойки.

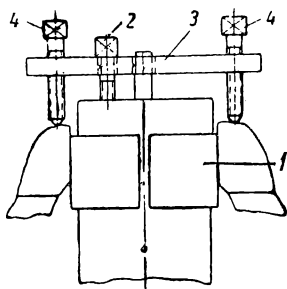
### Порядок разборки

С измерительного стержня снимают наконечник 7 (фиг. 11), отвёртывают нижнюю крышку 14 заострёнными круглогубцами, отвёртывают юстировочный винт 15, затем ключом 1 (фиг. 3) отвёртывают зажимное кольцо 16 втулки с зеркалом.

Ввернув ключ 5 (фиг. 3) в резьбовое отверстие втулки 17 и осторожно её по-



Фиг. 12



Фиг. 13

вёртывая, вынимают втулку из трубки, следя за тем, чтобы не потерялась маленькая втулка с пружиной 18. Если втулка 17 свободно выходит, а зеркало застряло, то во избежание порчи пружин возвращения зеркала нужно отвернуть два винта 34, крепящие нижние концы пружин. После этого втулку и зеркало вынимают отдельно. Иногда втулку нельзя вынуть из трубки вследствие деформации последней или чаще всего коррозии на поверхностях втулки и трубки. В этом случае применяют приспособление (фиг. 13), с помощью которого втулку вынимают без повреждений.

Приспособление (фиг. 13) имеет разрезное кольцо 1, надетое на трубку. Кольцо с трубкой зажимают в тиски. Средний винт 2, свободно сидящий в планке 3, ввёртывают в резьбовое отверстие втулки. Два другие винта 4 упираются в губки тисков. Постепенно ввертывая винты 4, втулку вынимают из трубки.

Втулку с зеркалом (фиг. 11) разбирают в следующем порядке: со шпилек зеркала снимают пружину 13, а затем снимают зеркало 5. Отвернув глубокосидящие винты 19, снимают опору 10, отвёртывают два кольца 20, ограничивающие расход измерительного стержня, и винт шпонки, снимают шпонку и затем из втулки вынимают измерительный стержень 6. Ключом 3 (фиг. 3) отвёртывают кольцо 21, крепящее объектив 4 с оправой, после чего объектив вынимают из трубки. Разборка объектива не представляет затруднений, однако прибегать к этому нужно только при крайней необходимости. Чтобы при сборке объектива не нарушать первоначального положения линз, следует отметить это положение карандашом вдоль оси образующих на вынутых из оправы линзах.

При разборке тубуса окуляра нужно ключом 4 (фиг. 3) отвернуть разрезное диоптрийное кольцо 22 (фиг. 11) (резьба левая) и вывернуть окуляр 1 из тубуса. С окуляра свёртывают наглазник 23, затем отвёртывают три винта 24 и снимают кожух 25 окуляра. Дальнейшую разборку окуляра не рекомендуется производить.

Отвернув ключом 2 (фиг. 3) кольцо 26, снимают весь тубус окуляра и вынимают прокладное кольцо 27. Затем снимают плоскую стеклянную пластинку 9 (фиг. 12), предварительно отвернув два винта.

Отвёртывают стопорный винт и вынимают шкалу с оправой 28 (фиг. 11). Слегка разжав диоптрийное кольцо, снимают его с тубуса окуляра. Отвернув три винта 29, свободно снимают рамку 30 с тубуса, а вслед за ней снимают кольцо 26. Нужно помнить, что нарушение этого порядка разборки часто ведёт к расклейке призмы и шкалы или к их поломке.

Для того чтобы вынуть призму 3, отвёртывают крышку 31, постепенно вывёртывают три винта 32, после чего призму с оправой 33 вынимают из гнезда. На фиг. 14, а показана трубка в разобранном виде, а на фиг. 14, б, в и г соответственно показаны узел призмы, узел тубуса окуляра и узел зеркала со втулкой.

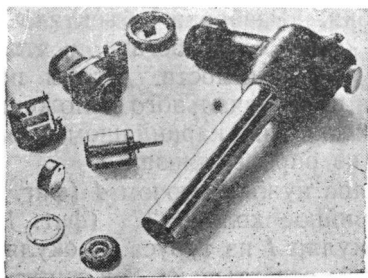
Сборка производится в обратном порядке. При сборке нужно следить, чтобы усилия обеих пружин втулки с зеркалом были одинаковыми. Для удобства сборки пружины 13 (фиг. 11) вынимают проволочным крючком и концы пружин зажимают предварительно винтами. Осторожно подтягивая пружины, надевают ушки на шпильки оправы зеркала. При сборке и установке призмы 3 с



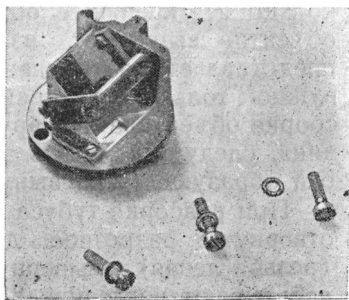
оправой на место зажим винтов 32 производят постепенно.

Перед сборкой все детали нужно тщательно промыть авиационным бензином и протереть чистым полотенцем.

Оптические детали трубки должны быть тщательно вычищены, для того чтобы в собранном виде в поле зре-



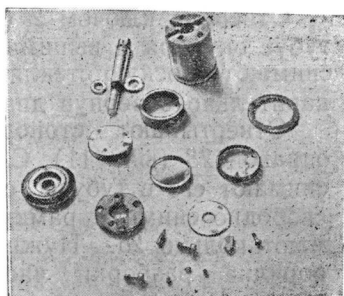
а



б



в



г

Фиг 14

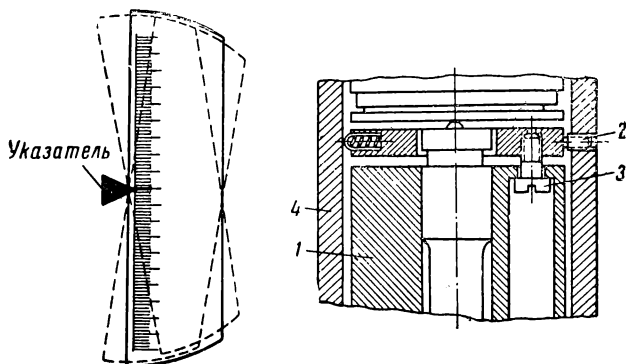
ния не было видно мазков, капель жидкости и пыли. Плохо вычищенные детали через короткое время влекут за собой появление оксидировки на поверхностях линз и сеток.

### Юстировка и ремонт

Оптическую систему, состоящую из большого количества оптических деталей, трудно собрать без юстировки отдельных узлов. Для этого в приборе, имеющем в фокальной плоскости шкалу или сетку с делениями, предусмотрена возможность перемещения отдельных

узлов, с тем чтобы деления шкалы находились в главной фокальной плоскости объектива. Такую юстировку осуществляют путём установки прокладочных колец для использования зазоров между винтами и отверстиями деталей, перемещением отдельных узлов специально предназначенными для этого юстировочными винтами и использованием свободных посадок отдельных деталей.

Юстировка положения шкалы относительно указателя. При нормальном положении шкалы, позволяющем без ущерба для точности измерения



Фиг. 15

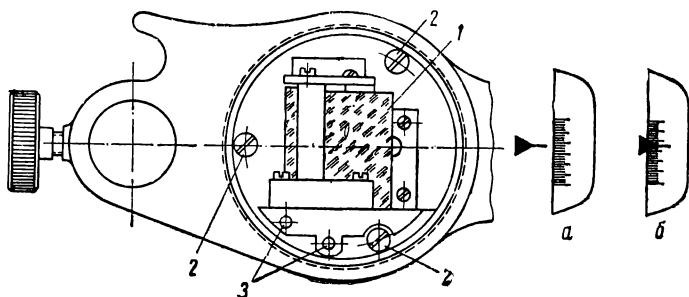
делать отсчёты, штрихи шкалы проектируются без перекоса, а указатель перекрывает короткие штрихи не менее чем на  $0,7—0,8$  их длины и не выходит за пределы коротких штрихов более чем на  $0,2—0,3$  их длины.

Это положение определяется на-глаз. Перекос шкалы относительно указателя происходит из-за смещения втулки с зеркалом вокруг оси, ввиду чего изображение шкалы проектируется с перекосом по отношению к действительной шкале и видимому указателю.

Перекас шкалы относительно указателя (фиг. 15) устраняют небольшим поворотом втулки 1 вокруг вертикальной оси. Для этого слегка отвёртывают кольцо, крепящее втулку 1 в трубке 4, и винт 2 и при помощи ввёрнутого в отверстие втулки ключа 5 (фиг. 3) или пинцета, вставленного в отверстие втулки, последнюю слегка поворачивают. Наблюдая в окуляр устанавливают шкалу штрихами параллельно указателю.

Отход шкалы от указателя вызывается смещением призмы относительно главной оптической оси, вследствие чего изображение шкалы проектируется дальше или ближе нормального положения относительно указателя. Если видимая через окуляр шкала отходит от указателя (фиг. 16, а) или перекрывает его (фиг. 16, б), то этот дефект устраняют поворотом призмы 1.

Немного отвернув три винта 2, нужно слегка повернуть оправу с призмой проволоочным ключом или пинцетом, вставленным в отверстия 3 оправы. Если шкала отошла вправо, призму поворачивают по часовой стрелке



Фиг. 16

если шкала отошла влево, призму поворачивают против часовой стрелки.

Все перемещения призмы должны быть незначительными, так как шкала очень чувствительна к повороту призмы. Иногда можно устранить этот дефект нажимом одного из винтов 2.

Юстировку положения шкалы чаще всего производят одновременно по обоим элементам, контролируя одну юстировку другой.

Для удобства юстировки рекомендуется производить эти операции, установив трубку в кронштейн горизонтальной стойки, с одетым на измерительный стержень наконечником и с арретиром. Арретир при помощи винта нажимает на измерительный стержень, и, держа шкалу в поле зрения, оставляет руки свободными.

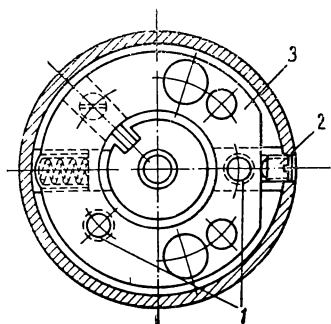
После закрепления втулки 1 (фиг. 15) ещё раз проверяют положение шкалы. Винты 3 (фиг. 15) при юстировке этого дефекта не следует трогать во избежание нарушения точности показаний шкалы, однако проверка точности шкалы при этом обязательна.

Устранение неточности показаний. Проверка точности показаний трубки оптиметра производится концевыми мерами 3-го разряда через 0,02 мм (20 делений).

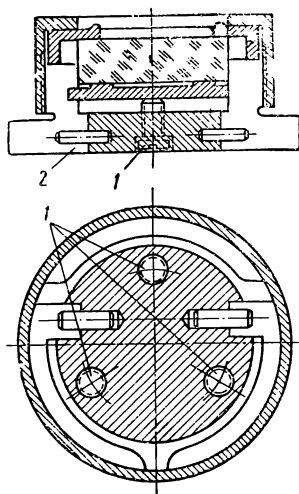
Погрешность показаний не должна превышать  $\pm 0,2 \mu$  на любом участке длиной до 0,06 мм и  $\pm 0,3 \mu$  свыше 0,06 мм.

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

Например, установив нулевое положение шкалы по плитке размером 1,1 мм, проверяют шкалу в её крайних



Фиг. 17



Фиг. 18

положениях от нуля плитками 1,0 и 1,2 мм. Может оказаться, что показания шкалы будут  $\pm 99$  или  $\pm 101$ . Разница между показаниями прибора и размерами концевой меры вызывается изменением величины механического плеча  $a$  (фиг. 10).

Для устранения этой погрешности нужно отвернуть нижнюю крышку, немного ослабить зажим винтов 1 (фиг. 17) и, вращая юстировочный винт 2, переместить опору 3 с зеркалом. При показаниях шкалы, превышающих размер плитки, винт 2 вывёртывают, увеличивая этим механическое плечо  $a$ , и, наоборот, при показаниях шкалы менее размера плитки винт ввёртывают, уменьшая плечо  $a$ .

Максимальная величина колебания зеркала (фиг. 16), определяется по формуле (3):

$$S = \frac{at}{2F}.$$

Размер шкалы на 100 делений  $t = 0,08 \cdot 100 = 8$  мм, откуда

$$S = \frac{5 \cdot 8}{2 \cdot 200} = 0,1 \text{ мм.}$$

Таким образом изменением плеча устанавливают расчётную зависимость между делениями шкалы и перемещением измерительного стержня.

Так, например, в случае, когда показания шкалы равны  $\pm 99$   $\mu$  при разности размеров плиток 0,1 мм, длина шкалы составит  $99 \cdot 0,08 = 7,92$  мм. Величина механического плеча будет равна

$$a = \frac{2FS}{t} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 0,1}{7,92} = 5,050 \text{ мм,}$$

величина  $a$  в этом случае на 0,05 мм больше нормальной его длины, и, следовательно, плечо нужно уменьшить. При юстировке точности трубки нет надобности производить пересчёт отношений, так как правильная величина плеча устанавливается сама собой при проверке прибора по концевым мерам. После произведённой юстировки опоры 3 (фиг. 17) с зеркалом закрепляют винтами 1 и снова проверяют точность трубки.

Ремонт трубки значительно усложняется, если неточность шкалы неравномерна по всей её длине. В этом случае несоответствие показаний шкалы в её крайних положениях, в случае применения концевых мер с разницей размеров 0,1 мм, может составить не  $\pm 101$  деление, а например,  $+99$  и  $-102$  деления или наоборот. В первую очередь необходимо проверить равномерность натяжения пружины 13 (фиг. 11), а также параллельность зеркала 5 относительно торца (пятки). Проверка параллельности зеркала производится на горизонтальном оптиметре в нескольких противолежащих точках. При перемещении зеркала между наконечниками измерительный стержень нужно отводить арретиром, чтобы не поцарапать поверхностей зеркала и пятки.

Юстировку непараллельности зеркала осуществляют при помощи трёх винтов 1 (фиг. 18). Непараллельность зеркала пятке 2 не должна превышать 0,001 мм. Нужно следить за тем, чтобы зеркало сидело в оправе без зазора, так как этот дефект повлечёт нестабильность показаний. Отъюстировав параллельность зеркала,

оправу устанавливают на место и проверяют точность трубки.

Если эта операция не устранит имеющегося дефекта, зеркалу придают соответствующий наклон в правую и левую сторону, после чего снова производят проверку.

В некоторых случаях описанные методы не дают существенных результатов ввиду наличия износа на опорных шариках. Устраняют этот дефект распрессовкой шариков, после чего их снова запрессовывают обратной стороной или заменяют новыми шариками диаметром 3 мм. Распрессовку шариков производят при помощи стержня с заострённым концом или через отверстие диаметром 1—1,5 мм, просверлённое под шариком с обратной стороны опоры. После запрессовки шарики зачеканивают пуансоном, соответствующим размеру шариков. Закончив их перестановку, производят юстировку точности опорных шариков зеркала при помощи юстировочного винта.

Трубки оптиметров, у которых шкала сильно повреждена или разбита, можно восстановить, заменив старую шкалу новой, с оправой производства отечественных заводов.

Расстояние между штрихами шкалы в трубке оптиметра типа Цейсс равно 0,08 мм, в трубках отечественных заводов — 0,06 мм. Таким образом длина всей шкалы составит  $0,06 \times 100 = 6$  мм.

При проверке точности трубки концевыми мерами с разницей между ними 0,1 мм показание трубки при существующем механическом плече составит

$$S = \frac{0,06 \cdot 5}{2 \cdot 200} = 0,075 \text{ мм},$$

т. е. одно деление шкалы равно 0,75 м. Устранение этой неточности при помощи юстировочного винта невозможно, так как максимальное перемещение шариков опоры зеркала юстировочным винтом не превышает 1 мм (по 0,5 мм на сторону). Такое перемещение даёт изменение показаний шкалы на величину для шкалы типа Цейсс

$$S = \frac{5,5 \cdot 8}{400} = 0,11 \text{ мм},$$

для вновь установленной шкалы отечественных заводов

$$S = \frac{5,5 \cdot 6}{400} = 0,0825 \text{ мм}.$$

Изменение точности показаний при помощи юстировочного винта равно  $\pm 0,01$  мм, а требуемое изменение точности равно 0,0175 мм. Чтобы обеспечить соответствие точности показаний шкалы концевым мерам, необходимо произвести изменение длины механического плеча путём распрессовки шариков и запрессовки их во вновь высверленные отверстия с последующей зачеканкой пуансоном. Для этого необходимо предварительно рассчитать длину механического плеча.

В рассматриваемом случае длина механического плеча

$$a = \frac{2 \cdot 200 \cdot 0,1}{6} = 6,66 \text{ мм.}$$

Перемещение опоры должно составить 1,66 мм, т. е. на 1,16 мм больше возможного перемещения юстировочным винтом. После перестановки шариков и соответствующей сборки трубки производят окончательную юстировку точности показаний трубки.

При юстировке точности показаний трубки (фиг. 17) юстировочным винтом 2 случается, что опора 3 с зеркалом не возвращается в исходное положение, это не даёт возможности устранить неточность трубки. Этот недостаток возникает в связи с тем, что спиральная пружина со втулкой 4, заставляющая зеркало возвращаться при вывёртывании винта 2, ослабла. В этом случае нужно вынуть втулку и выправить пружину или заменить её новой.

Устранение неустойчивости показаний. Устойчивость показаний должна лежать в пределах 0,2 м. Проверку производят многократным арретированием (10—15 раз) наконечника при измерении плитки любого размера. При неустойчивости показаний, превышающей указанную величину, трубка требует ремонта.

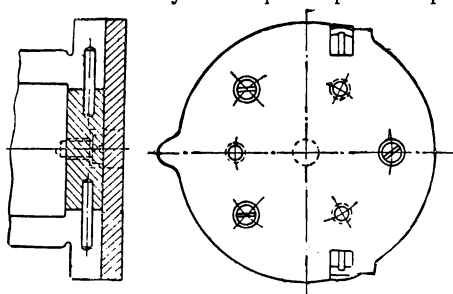
Неустойчивость показаний (фиг. 19) возникает вследствие загрязнения втулки 1 измерительного стержня 2 или износа пятки зеркала 3 в местах контакта с опорными шариками 4, износа опорных шариков, измерительного стержня 2 и втулки 1 и в некоторой степени из-за износа шпонки. В первую очередь определяют действительную причину неустойчивости, после чего приступают к устранению обнаруженного дефекта.

Прежде чем разобрать трубку, проверяют наличие зазора измерительного стержня. Для этого оптиметр

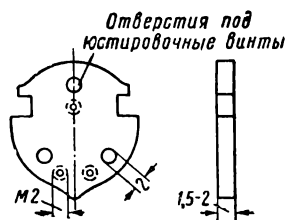




В настоящее время всё чаще встречаются трубы оптиметров, у которых пятка зеркала быстро изнашивается, потому что снят слой цементации. В этом случае рекомендуется изготовить пластинку (фиг. 21) из хромистой стали толщиной 1,5—2 мм по контуру пятки зеркала. В пластинке нужно просверлить три отверстия, через кото-

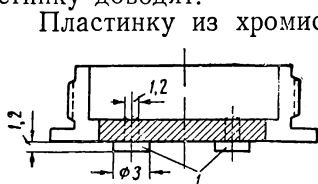


Фиг. 20



Фиг. 21

рые можно будет юстировать параллельность зеркала относительно пятки и три отверстия под резьбу диаметром 2 мм и прозенковать их для головок винтов, которые ввёртывают заподлицо. Пластинку закаливают и шлифуют в собранном виде с оправкой. После шлифования пластинку доводят.



Фиг. 22

Пластинку из хромистой стали можно подвергать доводке много раз. Смена её также не представляет затруднений.

Для восстановления пятки зеркала можно также запрессовать три закалённые вставки 1 (фиг. 22), изготовленные из хромистой стали, или посадить их

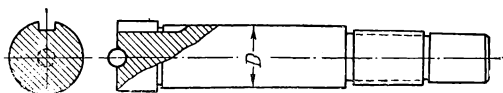
на резьбе. После установки вставки шлифуют и доводят.

Во всех случаях, после ремонта пятки производят проверку параллельности зеркала относительно пятки и при надобности — юстировку.

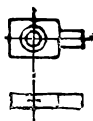
На стабильность и точность показаний в большой степени влияет наличие радиального зазора измерительного стержня.

Причиной этого недостатка является износ или недоброкачественное изготовление измерительного стержня и втулки.

При проверке радиального зазора оптиметр устанавливают на любой размер по концевой мере. Измерительный стержень надавливают сбоку пальцем и следят за показанием шкалы. Изменение показаний шкалы не должно превышать  $0,5 \text{ м}$ , и шкала должна возвратиться в исходное положение. Радиальный зазор устраняют восстановлением размера измерительного стержня размерным хромированием. Для этого предварительно определяют размер отверстия втулки, затем хромируют стержень по диаметру на  $0,002—0,004 \text{ мм}$  больше диаметра отверстия втулки. После хромирования стержень притирают по месту пастой ГОИ  $4 \text{ м}$ . Такой метод даёт благоприятные результаты. Однако недостатком его является относительно быстрый износ втулки при интенсивной эксплуатации.



Фиг. 23



Фиг. 24

Более надёжным методом является замена измерительного стержня новым (фиг. 23). В этом случае отверстие втулки доводят цилиндрическим чугуном притиром, пастой ГОИ  $10 \text{ м}$  и окончательно пастой ГОИ  $4 \text{ м}$ . Длина притира не должна быть менее удвоенной длины отверстия втулки. При доводке притир или втулку нужно поворачивать при каждом возвратно-поступательном движении на  $1/4$  оборота. После токарной обработки стержень шлифуют с припуском по диаметру  $D$  на  $0,003—0,005 \text{ мм}$  для притирки его по отверстию втулки. Притирку производят пастой ГОИ  $2—4 \text{ м}$ .

При этой операции нужно соблюдать осторожность, с тем чтобы не занижить диаметра стержня. Для этого рекомендуется изготовить несколько стержней, чтобы иметь возможность в случае необходимости заменить стержень другим. Стержень с заниженным диаметром может подойти по размеру к отверстию втулки другой трубки. После подгонки стержня шарик запрессовывают в торец строго по центру стержня.

Радиальный зазор возникает вследствие износа шпонки (фиг. 24) и шпоночной канавки стержня. Устраняют этот дефект заменой шпонки. Изготовление шпонки и её подгонка по месту не представляют затруднений.

Ненормальное измерительное усилие. Измерительное усилие трубки проверяют на циферблатных весах. Оно должно лежать в пределах  $200 \pm 20$  г. Неправильное измерительное усилие возникает вследствие уменьшённого или слишком большого натяжения спиральных пружин 7 (фиг. 19), возвращающих зеркало в исходное положение. Устраняют этот недостаток увеличением или уменьшением натяжения пружин. В первую очередь нужно использовать нижний конец, которым пружина крепится во втулке. Если этого будет недостаточно, пружину слегка растягивают при измерительном усилии больше нормального или, наоборот, сокращают при услии меньше нормального.

Во всех случаях при сборке нужно следить за тем, чтобы натяжение пружин было одинаковым. Неравномерное натяжение пружин ведёт к более быстрому износу пятки зеркала и к неточным и неравномерным показаниям трубки по всей длине шкалы.

Если невозможно выправить пружины и отрегулировать измерительное усилие, то необходимо заменить пружины новыми.

Пружины трубок оптиметра типа Цейсс изготовлены из рояльной проволоки диаметром  $d = 0,31$  мм. Наружный диаметр пружины  $D = 2,4$  мм, число витков  $n = 46$ , шаг  $t = d$ . После разрезки и заправки ушек пружины должны пройти отпуск в селитровой ванне при  $250\text{—}270^\circ$  в течение 60 мин.

Пружины к трубкам оптиметров отечественных заводов изготавливаются из стальной проволоки по  $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НKM}}$  20006 диаметр проволоки  $d = 0,4$  мм, наружный диаметр пружины  $D = 3$  мм, число витков  $n = 35$ , шаг  $t = d$ .

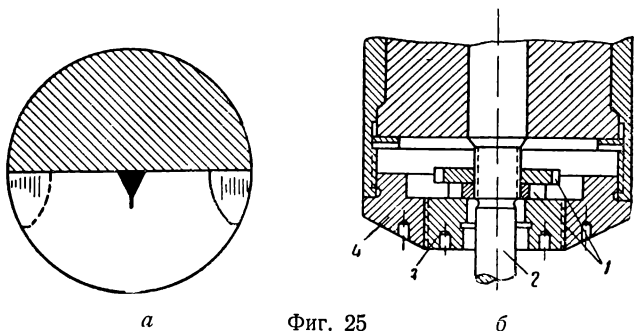
Юстировка перемещения шкалы. Шкала в крайних положениях не должна уходить из поля зрения. Арретируя измерительный стержень, наблюдают в окуляр за перемещением шкалы. Видимый остаток шкалы (фиг. 25, а) должен быть не менее 15—20 делений.

Расход шкалы зависит от величины колебания зеркала (фиг. 25, б), которое ограничивается двумя кольцами 1, навёрнутыми на измерительный стержень 2, и внутренним кольцом 3 крышки 4. Юстировку расхода шкалы в верхнем её положении (плюсовом) производят двумя кольцами 1, а в нижнем (минусовом) — внутренним кольцом 3. При регулировании внутренним кольцом 3 предварительно

нужно освободить стопорный винт. Вращение внутреннего кольца производят пинцетом или круглогубцами с остро заточенными губками.

Иногда случается, что при нажиме на измерительный стержень шкала останавливается где-либо, не доходя до крайних делений ( $\pm 100$ ). Причиной этого может быть неправильное действие пружин возвращения зеркала. Увеличением или уменьшением их усилия можно устранить этот недостаток.

Параллакс является результатом нарушения нормального положения окулярной головки или объектива,



Фиг. 25

из-за чего нельзя шкалу, находящуюся поэтому вне фокальной плоскости объектива, чётко видеть одновременно с указателем. Наличие параллакса приводит к неточному отсчёту и быстрой утомляемости в процессе работы.

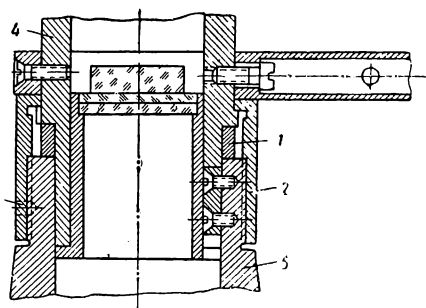
Проверка параллакса производится следующим образом: в поле зрения окуляра вводят шкалу. Наблюдая шкалу, перемещают глаз в разные стороны от середины окуляра. При этом указатель не должен заметно смещаться относительно штрихов шкалы. Шкала и указатель должны быть одновременно одинаково резко видимыми.

Этот недостаток можно устранить перемещением окулярной головки или объектива вверх или вниз вдоль оси (фиг. 26). В первую очередь нужно убедиться в наличии прокладного кольца 1 и затянуть соединительное кольцо 2 до отказа, предварительно освободив стопорный винт 3 кольца. Если после этого параллакс не будет устранён, необходимо изменить высоту кольца 1 дополнительным прокладным кольцом или уменьшить размер существую-

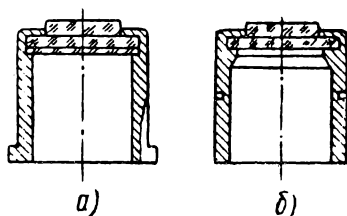
щего кольца шлифованием его торцов. Параллельность торцов кольца должна лежать в пределах  $0,005 \text{ мм}$ .

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

На практике встречаются трубки оптиметров, у которых на разных участках шкалы при наблюдении в окуляр меняется величина параллакса и одновременно наблюдается неодинаковая резкость шкалы в поле зрения. Так, например, в се-



Фиг. 26



Фиг. 27

редине поля зрения шкала проектируется более резко, чем по краям или края шкалы проектируются неодинаково резко.

Причиной этого недостатка является непараллельность торцов тубуса окулярной головки 4 и прокладного кольца 1.

Притирка прокладного кольца 1 с параллельностью торцов до  $0,005 \text{ мм}$ , исправление торцов трубки 5, тубуса окулярной головки 4 часто даёт возможность устранить параллакс при условии, если оптика хорошо отцентрирована.

Помимо указанного дефекта в трубках иногда наблюдается неодинаковая резкость по ширине шкалы.

В некоторых трубках это устранено при помощи бортика у торца оправы шкалы (фиг. 27, а) и шпонки. Такая конструкция обеспечивает правильность положения оправы со шкалой.

В трубках, у которых оправа шкалы (фиг. 27, б) не имеет такого бортика, нарушается точное совпадение оси

призмы со светопроводящей пластинкой. Этот дефект устраняют перемещением оправы со шкалой вдоль её оси.

Беличину перемещения определяют в процессе юстировки. После юстировки положение шкалы с оправой фиксируют стопорным винтом.

Кроме видимой через окуляр шкалы, при перемещении измерительного стержня иногда слабо видны ещё две шкалы. При правильной центрировке трубки они должны двигаться в одном направлении со шкалой. Иногда эти побочные шкалы движутся наклонно. Это явление не оказывает заметного влияния на точность измерений, и устранение его достигается повёртыванием оправы со шкалой вокруг своей оси. Для этого необходимо предварительно снять окулярную головку и освободить стопорный винт оправы шкалы.

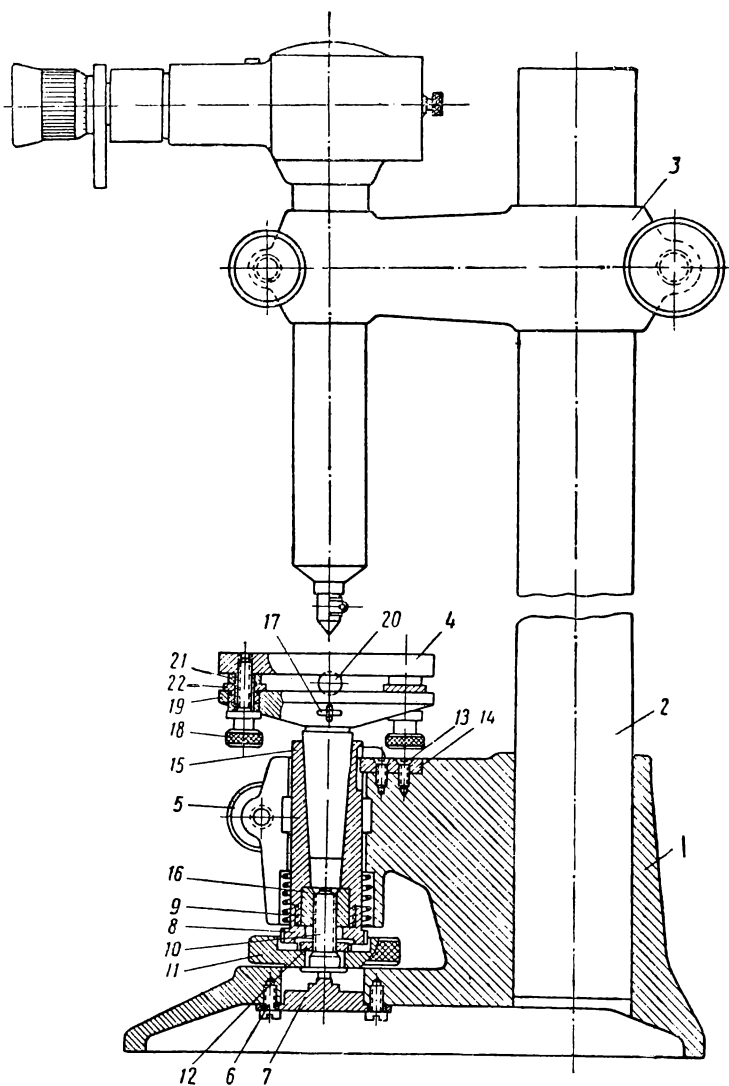
**Устранение дефектов окуляра.** Перемещение окуляра должно быть плавным, без качки. В связи с загрязнением резьбы окуляра 1 (фиг. 11) или с загустением смазки вследствие низкой температуры помещения передвижение окуляра становится тугим. При недостаточности смазки или её разжижении (высокая температура помещения) также нарушается плавность перемещения окуляра и возникает слабый ход. В обоих случаях требуется тщательно промыть нарезку окуляра, следя за тем, чтобы не загрязнить линз, после чего наносят тонкий слой смазки — ланолин или смесь воска с вазелином, сваренными в определённой пропорции (приблизительно  $\frac{1}{3}$  воска и  $\frac{2}{3}$  вазелина).

Вследствие длительного применения прибора может появиться качка рифлёного кольца окуляра, мешающая нормальной работе. Для устранения качки надо отвернуть наглазник 23 (фиг. 11) и подтянуть три стопорных винта 24, закрепляющих кольцо на окуляре.

## ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТОЙКА

Вертикальная стойка оптиметра (фиг. 28) состоит из основания 1 с запрессованной в неё колонкой 2, на которой перемещается кронштейн 3, и стола 4.

В основание вмонтирован подъёмный механизм стола. Стол крепят зажимным винтом 5. Диаметр стола — 105 мм; максимальное перемещение стола — 10 мм; предел регулирования стола юстировочными винтами —  $3^\circ$ ; макси-



Фиг. 28

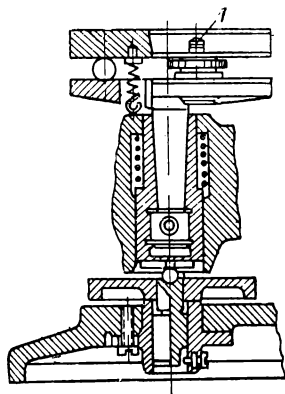
мальная высота измеряемого изделия — 180 мм; максимальный диаметр измеряемого изделия — 150 мм.

### Порядок разборки

Из кронштейна 3 вынимают трубку оптиметра и снимают со стойки кронштейн. После этого приступают к разборке стойки. Сняв стол 4, кладут стойку на бок и вывёртывают три винта 6, после чего снимают подпятник 7. Ключом 7 (фиг. 3) вывёртывают упорную гайку 8 (фиг. 28), прижимают микрогильзу 9 и отвёртывают микровинт 10. Вставив стол во втулку, оттягивают её вверх и вынимают кольцо с накаткой 11 и контргайку 12. Отвернув два винта 13, снимают шпонку 14, после чего конусная втулка 15 легко выйдет вместе со столом 4 из основания. Далее вынимают из втулки микрогильзу 9 и из основания упорную гайку 8 и пружину 16.

Разборку стола нужно производить в следующем порядке: снять шпильку 17, отвернуть юстировочные винты 18, отделить верхний стол от основного 19, снять шарик 20 и две шайбы 21, отвернуть микрогайки 22.

В вертикальной стойке производства отечественных заводов (фиг. 29) винты 1 запрессованы в стол 4 (фиг. 28) и составляют с ним одно целое. В соответствии с чертежом (фиг. 29) изменятся условия разборки.



Фиг. 29

### Юстировка и ремонт

Радиальный зазор стола. Оптиметр устанавливают на любой размер по плитке. Ось измерения должна проходить приблизительно через центр стола. На зажатый стол сбоку нажимают пальцем и проверяют наличие зазора, наблюдая при этом показания шкалы. При этой же установке производят проверку наличия зазора при повороте стола вокруг его оси, при незажатом столе. Изменение показания по шкале не должно превышать 0,0015 мм с возвращением в исходное положение.



Радиальный зазор стола (фиг. 28) может возникнуть в связи с загрязнением или износом конусного отверстия втулки 15 и конуса стола. Если после чистки этот дефект не будет устранён, тогда втулку необходимо довести чугунным конусным притиром. Притир должен соответствовать конусности втулки (конус Морзе № 2). Притирку производят пастой ГОИ последовательно 30, 10 и 4 р. Отверстие проверяют на краску. Конус стола также нужно довести конусным притиром-втулкой. При обнаружении на поверхности конуса стола глубоких царапин и забоин конус нужно слегка шлифовать и довести, а затем произвести окончательную взаимную притирку конуса стола и втулки.

Наличие зазора при повороте стола связано с износом шпонки 14 и шпоночной канавки втулки 15. Этот дефект проще всего устранить изготовлением новой шпонки и подгонкой её по месту.

Зажимной винт должен обеспечивать плавность закрепления стола. Поверхность стола приводят в контакт с измерительным наконечником трубки оптиметра, затем несколько раз закрепляют и отпускают зажимной винт стола и следят за изменением показаний шкалы. Изменение показания не должно превышать 0,002 мм.

Отклонение, превышающее указанную величину, свидетельствует о зазоре, возникшем вследствие износа наружной поверхности конусной втулки 15 и отверстия станины. Этот дефект можно устранить восстановлением наружного диаметра втулки хромированием или изготовлением новой втулки. Можно также применить более плотную посадку шпонки в пределах возможности перемещения стола микровинтом без заедания.

Перемещение стола при подъёме должно быть плавным. При вывёртывании микровинта стол должен возвращаться в исходное положение.

Неплавное перемещение стола и заедание происходят вследствие загрязнения конусной втулки и микропары. В этом случае промывают механизм подъёма и смазывают его вазелиновым маслом.

Неплоскостность стола. Основным стол должен иметь зеркальную или тонкую штриховую доводку. Штрих должен быть параллельным. На поверхности стола не должно быть следов износа.

Проверку плоскостности стола производят интерференционным стеклом. Поверхность интерференционного

стекла должна легко притираться к доведённой поверхности стола.

Неплоскостность основного стола не должна превышать 0,001 мм, в противном случае следует произвести доводку его рабочей поверхности. При наличии на поверхности стола глубоких царапин, забоин или коррозии стол шлифуют до полного устранения указанных дефектов, после чего доводят поверхность стола. Доводку производят на шаржированных чугунных доводочных плитах размером 300 × 300 мм, применяя предварительно электрокорундовый шлифовальный порошок М5 (500') и окончательно М3 (1000').

Непараллельность поверхности стола к плоскости измерительного наконечника. Установка стола в положении, параллельном плоскости измерительного наконечника, должна достигаться без особых затруднений при помощи юстировочных винтов. Отклонение от параллельности поверхности стола к плоскости измерительного наконечника не должно превышать 0,0003 мм.

Если плоскость при измерениях на вертикальном оптиметре перпендикулярна оси измерительного стержня (или непараллельна измерительной поверхности плоского наконечника), то показания оптиметра не будут точно соответствовать разнице между сравниваемыми размерами. Если угол наклона плоскости наконечника по отношению к плоскости, перпендикулярной оси оптиметра, равен  $\varphi$  (фиг. 30), то разность между сравниваемыми величинами равна  $l_1 - l = \Delta$ , а разность между показаниями оптиметра равна

$$\Delta = S \cdot \cos \varphi.$$

Ошибка измерения, вызываемая перекосом стола,  $\delta S = S - \Delta = S(1 - \cos \varphi)$  есть отношение действительной разности между сравниваемыми размерами к разности показаний оптиметра  $\frac{\Delta}{S} = \cos \varphi$ .

При измерении плоским наконечником это отношение не изменится при условии, если  $S$  представляет собой разность между наибольшими показаниями оптиметра. В этом случае перпендикуляр, опущенный из точки наконечника, соприкасающейся с измеряемым предметом, на плоскость стола, равен диаметру измеряемого предмета (фиг. 31), и показания оптиметра не будут зависеть от

того или иного поворота оси предмета вокруг этого диаметра.

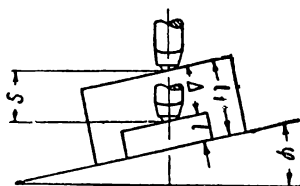
Угол  $\varphi$  в оптиметре типа Цейсс не превышает  $3^\circ$ , поэтому в наихудшем случае отношение

$$\frac{\Delta}{S} = \cos \varphi = 0,9986.$$

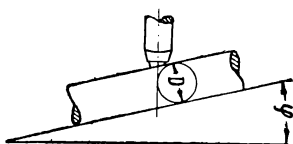
Ошибка измерения

$$\delta_s = S(1 - \cos \varphi) = S \cdot (1 - 0,9986) = 0,0014S.$$

Даже в случае использования всей шкалы ( $\pm 0,1$  мм)  $\delta_s$  может составить не более  $0,0003$  мм. Нормально же  $\delta_s$  не превышает  $0,005$  м (при среднем значении угла  $\varphi$  и при разности между показаниями оптиметра  $10$  м).



Фиг. 30



Фиг. 31

Непараллельность плоскости стола по отношению к измерительной поверхности плоского наконечника ведёт к более быстрому износу наконечника (работающему в этом случае только точкой) и затрудняет отыскание диаметра при измерении цилиндрических или сферических предметов. Этим главным образом и обусловливается необходимость отъюстировать стол оптиметра так, чтобы плоскость стола была параллельна измерительной поверхности плоского наконечника.

Юстировку стола делят на две операции:

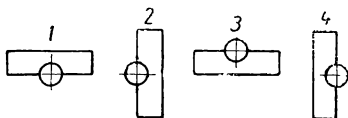
а) приближённая юстировка по плоскопараллельной плитке;

б) точная юстировка по плоскопараллельному стеклу.

При приближённой юстировке блок плиток размером  $12-13$  мм кладут на стол, который поднимают до соприкосновения с плоским наконечником, закреплённым на трубке оптиметра. Шкалу приблизительно устанавливают на нуль. Плитку устанавливают последовательно в положения 1, 2, 3, 4 (фиг. 32). По положению наивысшей точки стола определяют направление вращения юстировочных винтов, затем поворачивают плитку, отыскивают

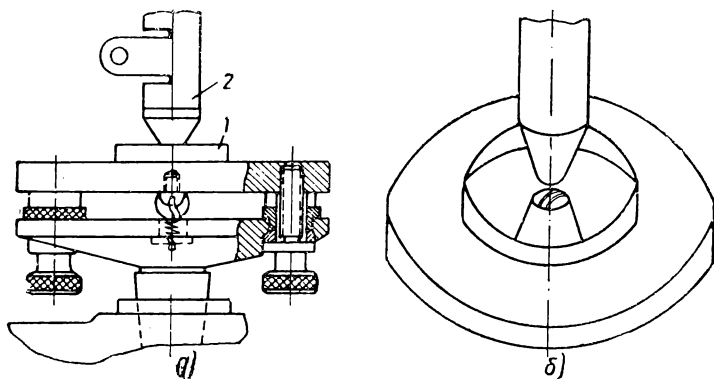
положение, при котором показания оптиметра будут наименьшими (нулевое положение) и, не изменяя положения плитки, устанавливают оптиметр на нуль. Закрепив зажимным винтом стол, поворачивают плитку так, чтобы её край совпал с диаметром наконечника (положения 1 или 3)

Показание оптиметра при плитке, находящейся в положении 1 (3), даст величину перекаса стола, устраняемого вращением левой юстировочной гайки. Точно так же, поворачивая плитку в положение 2 (4), определяют перекас и устраняют его правой юстировочной гайкой.



Фиг. 32

Установив подъёмом стола шкалу приблизительно на нуль и закрепив стол, повторяют проверку его положения перемещением плитки. Если разность между крайними показаниями превышает 2—3  $\mu$ , то снова повторяют юстировку стола до тех пор, пока разность показаний не бу-



Фиг. 33

дет меньше 2—3  $\mu$ . После этого плитку снимают и приступают к точной юстировке.

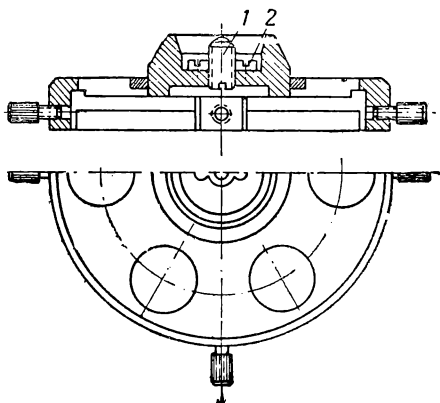
Точную юстировку производят при помощи плоскопараллельного интерференционного стекла 1 (фиг. 33, а) толщиной 12—13 мм. Стекло притирают к столу до полного исчезновения интерференционных полос. Стол поднимают до соприкосновения наконечника 2 со стеклом 1. На отражённой от стола измерительной поверхности наконечника будут ясно видны интерференционные полосы

(фиг. 33, б). Наклоняя стол легким вращением юстировочных винтов до полного исчезновения полос, добиваются равномерной и одноцветной окраски отражённой плоскости наконечника.

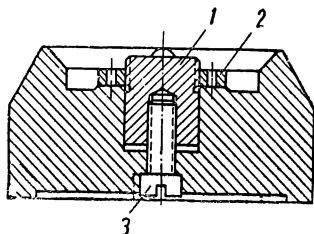
Закрепив положение стола зажимным винтом, следят за тем, чтобы не сбилась установка и не появились снова более или менее частые полосы.

Чашеобразный стол с агатовой опорой. Агатовая опора чашеобразного стола не должна иметь

следов износа или выкрошенных мест. Она должна находиться выше рёбер стола на 0,010 мм. Проверку производят на



Фиг. 34



Фиг. 35

столе вертикальной стойки. Измерительный наконечник трубки оптиметра устанавливают на ребро чашеобразного стола, притёртого к столу стойки. Подъёмом стола устанавливают шкалу приблизительно на нуль, затем, следя за показаниями шкалы, стол перемещают до контакта вершины агатовой опоры с наконечником трубки и производят отсчёт по максимальной точке.

Юстировку агатовой опоры (фиг. 34) производят при помощи ввёртывания или вывёртывания наконечника 1, ослабив предварительно контргайку 2. После юстировки контргайку закрепляют и снова производят проверку положения агатовой опоры.

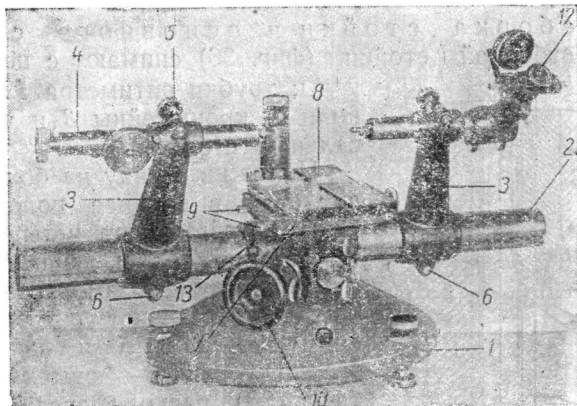
В чашеобразных столах, выпускаемых отечественными заводами (фиг. 35), юстировку положения агатовой опоры 1 производят ввёртыванием и вывёртыванием гайки 2, а закрепление производят винтом 3.

Поверхности рёбер и основания чашеобразного стола должны иметь зеркальную или тонкую штриховую до-

водку. Чашеобразный стол должен легко притираться к поверхности стола стойки. Плоскостность рёбер и основания, а также их параллельность должны лежать в пределах 0,001 мм. Наличие износа, забоин, коррозии и других пороков устраняют путём ремонта стола. Ремонт стола производят доводкой или шлифованием с последующей доводкой.

## ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТОЙКА

Горизонтальная стойка (фиг. 36) состоит из основания 1, горизонтального вала 2, по которому перемещаются правый и левый кронштейны 3. В левом кронштейне



Фиг. 36

при помощи винта 5 зажата трубка пинולי 4. Таким же образом трубка оптиметра зажата в правом кронштейне. Крепление кронштейнов на валу осуществляется винтами 6. В основании стойки может перемещаться на валике основной стол 7, к которому крепится двумя винтами 9 универсальный стол 8.

Подъём стола производится маховичком 10. Максимальный подъём стола — 86 мм. Наклон стола осуществляется эксцентриком в пределах  $\pm 15^\circ$ .

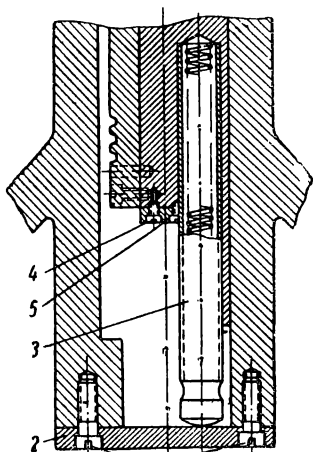
Вращение стола в горизонтальной плоскости возможно в пределах  $\pm 20^\circ$ .

Величина поперечного перемещения универсального стола 30 мм.

Максимальная длина измеряемой детали — 350 мм, максимальный наружный диаметр измеряемой детали — 116 мм, максимальный наружный диаметр измеряемого кольца — 225 мм, максимальный внутренний диаметр измеряемого кольца — 150 мм, минимальный внутренний диаметр измеряемого кольца при работе с малыми дугами — 13,5 мм, при работе с большими дугами — 26,5 мм, минимальный средний диаметр резьбового кольца при работе на круглом столике с применением малых дуг 18 мм, с применением больших дуг — 30 мм.

### Порядок разборки

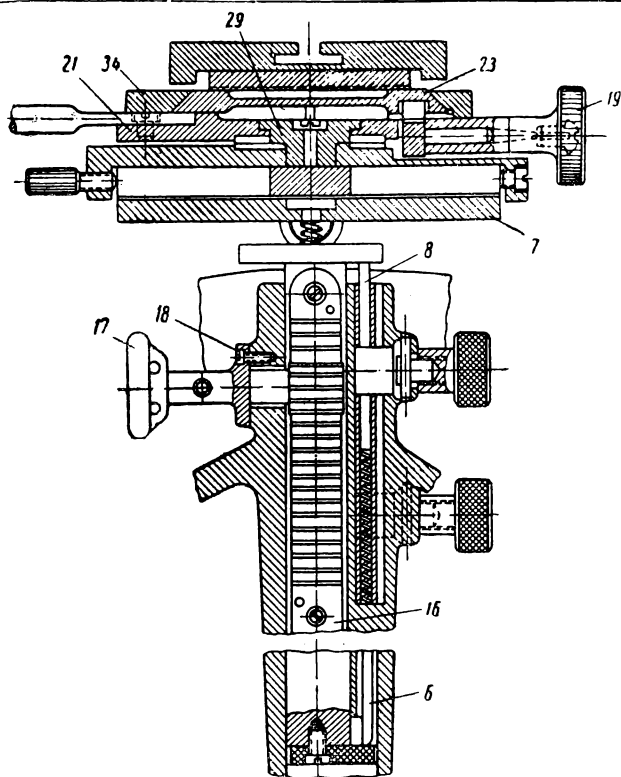
1. Разборка стойки и основного стола. Перед разборкой стойки (фиг. 36) снимают с неё все узлы: трубки оптиметра 12 и пиноли 4, кронштейны 3 и универсальный стол 8.



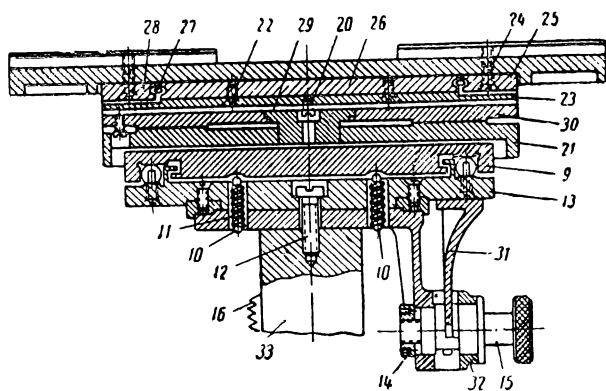
Фиг. 37

Положив стойку на бок, отводят стол в верхнее положение. Снизу отвёртывают четыре винта 1 (фиг. 37) и, сняв крышку 2, вынимают амортизатор 3. Затем отвёртывают два винта 4, снимают упор 5 и вынимают ограничительный стержень 6 (фиг. 38) расхода стола; после этого стойку ставят в нормальное положение.

Основной стол 7 (фиг. 38) вынимают вместе с валом и вторым ограничительным стержнем 8. Перевернув основной стол так, чтобы вал был вверху, вывёртывают ограничительный винт (на чертеже не показан) и осторожно выводят плавающий стол 9 (фиг. 39), следя за тем, чтобы не выпали шарики (4 штуки), затем вынимают две шпильки 10 и снимают пружину 11, вывёртывают центральный винт 12 и снимают качающийся стол 13. Отвернув зажимное кольцо 14, снимают эксцентрик 15. После этого отвёртывают два винта и снимают реечную шпонку 16 (фиг. 38 и 39). Вынимают маховичок 17 (фиг. 38)



Фиг. 38



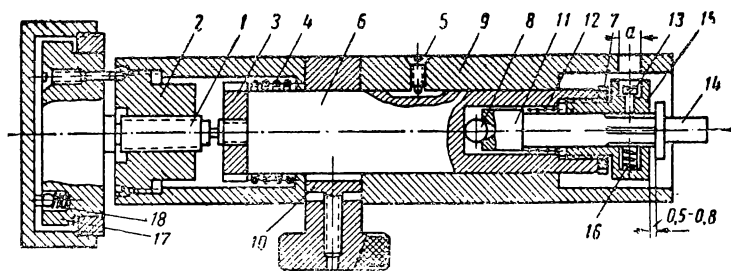
Фиг. 39



с шестерней, предварительно отвернув три винта 18, крепящие его к стойке.

В исключительных случаях, когда возникает необходимость снять горизонтальный вал 2 (фиг. 36), нужно отвернуть два кольца 13 (фиг. 36), после чего вал вынимается из стойки.

Сборку основного стола после ремонта и юстировки производят в обратном порядке. Предварительно необходимо промыть все детали бензином, насухо протереть и смазать. Шарики и направляющие смазывают вазелиновым маслом, а остальные поверхности — тонким слоем вазелина.



Фиг. 40

Разборка и сборка трубки пиноли. Разборку трубки пиноли (фиг. 40) начинают с вывинчивания микровинта 1, затем ключом 6 (фиг. 3) вывёртывают микрометрическую гайку 2. Торцом этого же ключа отвёртывают и вынимают упорную гайку 3, затем вынимают пружину 4. Отвёртывают шпоночный винт 5, немного выдвинув основной стержень 6, зажимают его, и ключом 6 (фиг. 3) освобождают контргайку 7; после этого вся головка 15 легко вывёртывается из основного стержня. Из стержня вынимают шарик 8 и, освободив замок 10, вынимают из трубки 9 основной стержень 6 и замок 10.

Отвёртывают опорную втулку 11 и снимают осевую пружину 12.

Отвёртывают два юстировочных винта 13, после чего измерительный стержень 14 выталкивается из головки 15. Далее при помощи пинцета вынимают втулки с пружинами 16.

При сборке нужно учесть следующее:

а) между бортом измерительного стержня 14 и торцом головки 15 должен быть оставлен зазор около

0,5—08 мм. Этот зазор можно получить путём вывёртывания и ввёртывания всей головки в основной стержень, после чего головку закрепляют контргайкой 7;

б) головки юстировочных винтов 13 должны находиться в центре отверстия трубки;

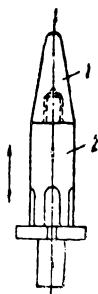
в) основной стержень 6 должен под действием силы своего веса опускаться в трубке. Для проверки этого положения трубку держат в руках вертикально, и стержень, вставленный в трубку, должен опускаться свободно без заеланий.

Для того чтобы при сборке головки с измерительным стержнем избежать задиrow на поверхности втулок, рекомендуется пользоваться конусом 1 (фиг. 41), навёрнутым на измерительный стержень 2.

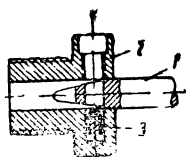
При установке в гнезда головки втулок с пружинами можно повредить поверхность этих втулок. Во избежание этого и для ускорения процесса сборки рекомендуется пользоваться специальным приспособлением 1 (фиг. 42). В гнездо вставляют одну втулку с пружиной, затем в головку 2 вставляют стержень, который прижимает своим конусом втулку. Через имеющееся отверстие вставляют вторую втулку 3 с пружиной. После этого стержень вынимают из головки, а втулки остаются на своих местах.

После чистки все детали смазывают вазелиновым маслом, и микропару — вазелином.

Разборка универсального стола. Перевернув универсальный стол обратной стороной, вращают кремальеру 19 (фиг. 38), устанавливают имеющееся снизу отверстие над головкой ограничительного винта 20 (фиг. 39) и винт вывёртывают. Затем из основания 21 вынимают плавающий стол с ласточкиным хвостом и отвёртывают четыре винта 22, после чего снимают направляющую планку 23 с ласточкиным хвостом. Отвернув два винта 24, снимают боковую планку 25 и плавающую планку 26, предварительно пометив положение последней. Далее снимают четыре шарика и два сепаратора 27. При этом без особой надобности не следует нарушать положение второй боковой планки 28. Для разборки нижней



Фиг. 41



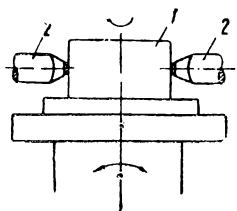
Фиг. 42

части стала вывёртывают стопорный винт и кольцо 29, после чего поворотная пластина 30 легко отделяется от основания 21. Обе части стола после ремонта могут быть собраны независимо друг от друга.

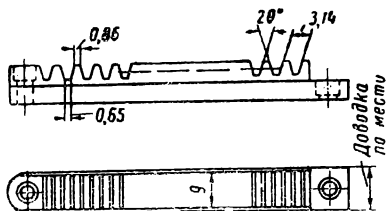
Шарики и радиальные направляющие смазывают при сборке вазелиновым маслом. Трущиеся поверхности поворотной пластины и основания смазывают ланолином, остальные рабочие поверхности — вазелином.

### Юстировка и ремонт

Непрямолинейность хода при подъеме стола. Проверку производят специальной проверочной плиткой (фиг. 4) размером  $12 \times 80 \times 90$  мм. Непараллель-



Фиг. 43



Фиг. 44

ность и неплоскостность доведённых поверхностей плитки не должны превышать 0,1 м.

На трубки оптиметра и пиноли зажимают сферические наконечники и центрируют по максимальному показанию шкалы. Отведя кронштейны, на столик устанавливают плитку 1 (фиг. 43) и зажимают её струбиной. Измерительные наконечники 2 приводят в контакт с плиткой приблизительно по середине её рабочей поверхности, а кронштейны зажимают винтами, затем микровинтом пиноли устанавливают шкалу приблизительно на нуль и зажимают трубку пиноли. Покачивая эксцентрик и поворачивая универсальный стол, находят минимальные показания на шкале. Следя за показаниями шкалы, поднимают и опускают основной стол при помощи маховика. Изменения показаний шкалы не должны превышать 0,2 м. Одновременно проверяют также наличие зазора при повороте универсального стола и плавность хода при подъёме основного стола. Для этого основной стол с небольшим усилием поворачивают в обе стороны вокруг его оси. Изменение показания шкалы не должно превышать указанного допуска.

Перемещение стола в вертикальном направлении должно осуществляться плавно, без заеданий.

Непрямолинейность при вертикальном перемещении стола и зазор основного стола возникают вследствие износа шпонки и шпоночной канавки. В оптиметрах типа Цейсс рейка одновременно служит и шпонкой; шпонка перемещается по шпоночной канавке стойки, имеющей небольшой прилив.

Иногда при исправлении непрямолинейности и выборке зазора используют зазор между рейкой и шестернёй, подкладывая фольгу или стальную ленту под рейку. В этом случае выступающая неизношенная часть рейки может прослужить длительное время. Однако более надёжным средством является замена старой рейки новой (фиг. 44). Боковые стороны рейки шлифуются с припуском под доводку 0,05 мм. Доводку производят на чугунной доводочной плите электрокорундовым порошком М10 (120°). Окончательную доводку шпонки производят по месту. Для окончательной доводки оставляют припуск 0,005 мм. Непараллельность боковых поверхностей рейки не должна превышать 0,002 мм.

В оптиметрах отечественного производства рейка и шпонка установлены раздельно. Изготовление шпонки не представляет затруднений.

Плавность вертикального перемещения стола достигается смазкой вала рейки и шестерни после промывки их бензином. Протерев насухо чистым сухим полотенцем механизм подъёма стола, его смазывают вазелином. Существенное значение для плавности перемещения стола имеет правильное зацепление рейки и шестерни. Зацепление регулируют соответствующей установкой шестерни относительно рейки.

Неточность установки на нуль при работе с эксцентриком. Точность нулевой установки шкалы при работе с эксцентриком проверяют при помощи проверочной плитки (фиг. 43) или концевой меры любого размера. Для этого устанавливают плитку и производят соответствующие движения эксцентриком. Разность между максимальным и минимальным показаниями шкалы не должна превышать 0,2 м.

Нестабильность показаний при работе с эксцентриком вызывается наличием радиального зазора эксцентрика, образуемого вследствие износа вилки 31 (фиг. 39), оси и самого эксцентрика 15.

Этот дефект устраняют притиркой вилки чугуном притиром последовательно пастой ГОИ 30  $\mu$  и 10  $\mu$  или опилкой бархатным надфилем с последующим полированием крокусной шкуркой. Этим же притиром ось эксцентрика доводят до исчезновения следов износа. После притирки обеих деталей между сторонами вилки устанавливают прямоугольную прокладку размером меньшим, чем размер диаметра эксцентрика, на 0,3—0,5 мм, после чего вилку осторожно зажимают в тисках или правят лёгкими ударами до нужного размера. Закончив сборку, снова проверяют стабильность показаний при соответствующих движениях эксцентрика.

Иногда, вследствие износа призматических опор, наличия забоин или вмятин на них возникает неточность установки на нульпункт. Вмятины появляются вследствие измерения тяжёлых деталей, устанавливаемых на столе. Их можно устранить притиркой призматических опор.

Следует обращать внимание на состояние пружин 11 (фиг. 39), центрирующих столик. Если они ослабли, то их нужно выправить или заменить новыми.

При зажиме эксцентрика может сбиваться нулевая установка шкалы. Это выявляют одновременно с проверкой работы эксцентрика. Следя за показаниями шкалы, несколько раз закрепляют и освобождают зажим эксцентрика. Изменение показаний шкалы не должно превышать 0,5  $\mu$ . Отклонение показаний в большую сторону возникает вследствие износа оси эксцентрика по диаметру и наличия осевого зазора.

В этом случае восстанавливают диаметр оси эксцентрика хромированием. Осовой зазор устраняют прокладкой фольги между прижимной планкой 32 (фиг. 39) и корпусом, после чего ось затягивают гайкой 14.

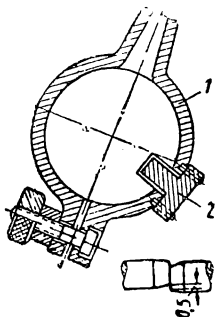
При наклоне стола эксцентрик шкала должна перемещаться плавно.

Несовпадение осей отверстий для крепления трубки пиноли и трубки оптиметра. Плоские наконечники зажимаются на трубках пиноли и оптиметра, приводятся в контакт и центрируются на параллельность. Величину смещения наконечников определяют на-глаз. Она не должна превышать 0,5 мм (фиг. 45). Смещение кронштейнов 1, превышающее допустимое, возникает ввиду износа шпонок 2. Изготовление новой шпонки и подгонка её по месту устраняют этот дефект.

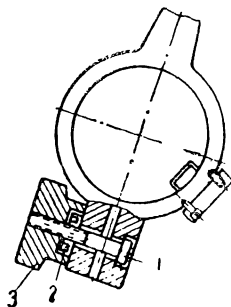
Перемещение кронштейнов по валу должно происходить плавно, без заеданий.

Плавность закрепления кронштейнов по валу. Плоские наконечники приводят в контакт друг с другом при незажатых кронштейнах, затем их зажимают и следят за показаниями шкалы. Изменение показаний шкалы не должно быть более 0,03 мм.

Износ внутреннего диаметра кронштейна и горизонтального вала образует зазор; вследствие этого при зажиме кронштейнов последние перекашиваются и смещают шкалу на величину, превышающую допустимую.



Фиг. 45



Фиг. 46

Устранение этого дефекта путём смены горизонтального вала или кронштейнов является чрезвычайно трудоёмкой операцией, не всегда возможной.

Реконструкцией зажима кронштейнов (фиг. 46) можно достигнуть благоприятных результатов. Для этого резьбу стягивающего винта 1 удлиняют и на винт навёртывают дополнительную гайку 2, при помощи которой кронштейну сообщается предварительный натяг. Натяг должен быть таким, чтобы не мешать свободному перемещению кронштейна по валу. Сверху навёртывают другую гайку 3, вновь изготовленную или старую, у которой должна быть сделана выточка под дополнительную гайку 2. Для закрепления кронштейна на валу достаточно небольшого поворота второй гайки 3.

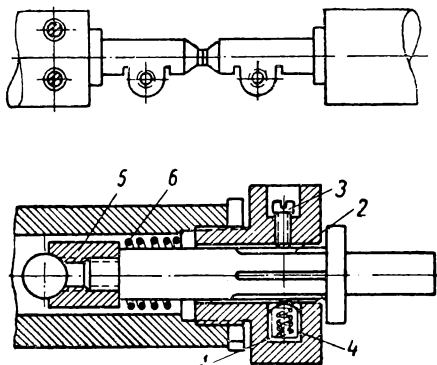
В случае неравномерного износа вала перемещение кронштейна будет происходить скачками и с заеданием.

Незначительный износ можно устранить притиркой горизонтального вала разрезным чугунным притиром-

кольцом до получения прямолинейности и параллельности образующих вала в пределах  $0,005 \text{ мм}$ .

При большом износе вал нужно шлифовать и после устранения износа произвести выборку зазора предварительным натягом при помощи гайки 2 (фиг. 46). После сборки и юстировки оптиметра проверяют прямолинейность вала.

Для проверки прямолинейности вала применяют ножевидные наконечники диаметром  $10 \text{ мм}$ , которые подвергают регулированию на параллельность. Затем кронштейны раздвигают и параллельность наконечников проверяют по плитке 3-го разряда размером  $100 \text{ мм}$ . Проверку производят



Фиг. 47

дважды при горизонтальном и вертикальном положениях измерительных поверхностей наконечников. Отклонение от параллельности наконечников не должно превышать  $0,0003 \text{ мм}$ .

Неточность установки шкалы на нуль при центрировании наконечников. На трубки пиноли и оптиметра устанавливают

плоские наконечники, которые приводят в контакт и юстируют на параллельность (фиг. 47). Установка наконечников на параллельность должна происходить без затруднений. Разность показаний по трубке оптиметра не должна превышать  $0,0003 \text{ мм}$ .

Причина нестабильности показаний при центрировании наконечников зависит от недостаточного давления пружин 1. В некоторой мере влияет также износ опорных плоскостей измерительного стержня пиноли 2 в местах контакта с юстировочными винтами 3 и втулками 4, а также задиры и износ втулки 5.

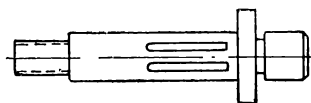
В первую очередь устраняют следы износа притиркой или шлифованием квадрата измерительного стержня (фиг. 48) и полированием сферы втулок. Затем надо выправить пружину 1 (фиг. 47) и снова собрать трубку.

Правка пружин некоторых трубок пиноли не приводит

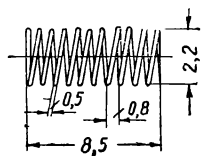
к благоприятным результатам ввиду их невысокого качества, в этом случае пружины необходимо заменить новыми. Пружины изготовляют из стальной проволоки марок У8—У10 диаметром 0,5 мм. Навивку пружин производят вручную или на токарном станке и разрезают на части определенной длины.

Размеры пружин трубки пиноли типа Цейсс показаны на фиг. 49. Число витков пружины — 10,5. Усилие  $P_{нач} = 1$  кг,  $P_{кон} = 1,5$  кг.

Термическая обработка пружин заключается в следующем. Пружины засыпают в железную коробку и нагревают до 600—700°, затем подвергают их закалке в масле. После этого производят отпуск в селитровой ванне при 250—270° в течение 60 мин. и охлаждают в проточной воде.



Фиг. 48



Фиг. 49

Чаще всего после установки новой, термически хорошо обработанной пружины юстировка наконечников не представляет затруднений.

Радиальный зазор измерительного стержня пинольной трубки. Из-за ослабления усилия пружины 1 (фиг. 47), износа опорных поверхностей измерительного стержня 2 и втулок 4 возникает радиальный зазор. Исправлением этих деталей описанными выше методами полностью устраняется радиальный зазор.

Проверку радиального зазора производят по плоским наконечникам, установленным на трубках оптиметра и пиноли. Оптиметр устанавливают на любой размер по плитке. Измерительный стержень пиноли нажимают сбоку пальцем и следят за показаниями шкалы.

Изменение показаний шкалы не должно превышать 0,5 мс с возвращением в исходное положение.

Исправление осевого зазора измерительного стержня трубки пиноли. Осевой зазор измерительного стержня трубки пиноли зависит от состояния осевой пружины стержня 6 (фиг. 47).

На трубку пиноли и оптиметра устанавливают наконечники. Шкалу вводят в поле зрения. На стержень пиноли нажимают двумя пальцами вдоль оси и следят за показа-



ниями шкалы. Изменение показаний шкалы не должно превышать 0,005 мм с возвращением в исходное положение.

В оптиметрах типа Цейсс этот дефект встречается редко. В трубках других типов устранение осевого зазора требует правки пружины 6 или чаще всего замена её новой.

Пружину изготавливают из рояльной проволоки диаметром 1 мм. Число витков — 6; шаг — 2,8 мм; усилие пружины  $P_{нач} = 1,2 \text{ кг}$ ,  $P_{кон} = 5 \text{ кг}$ . После заправки концов производят отпуск пружины в селитровой ванне при 250—270° в течение 90 мин. На практике такие пружины показывают хорошую стойкость.

Проверка и исправление механизма осевого перемещения стержня пиноли. Проверку механизма осевого перемещения стержня пиноли производят наконечниками, установленными на трубках пиноли и оптиметра. Наконечники приводят в контакт. Вращением микровинта вводят шкалу в поле зрения, затем закрепляют зажим и следят за показаниями шкалы. Зажим 10 трубки пиноли (фиг. 40) должен обеспечивать плавность закрепления стержня 6 и не должен сбивать установки шкалы. Изменение показаний не должно превышать 0,5 м.

Смещение шкалы при зажиме вызывается износом внутреннего диаметра трубки 9 и стержня 6, который восстанавливают при помощи размерного хромирования. Для этого предварительно определяют размер отверстия трубки и хромируют стержень с припуском 2—3 м, затем притирают его по месту пастой ГОИ 4 м.

Если разница в размерах стержня и отверстия трубки превышает 0,015—0,020 мм, то рекомендуется стержень изготовить вновь.

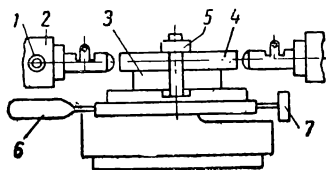
Перемещение микровинта должно происходить плавно. При вывёртывании микровинта шкала трубки оптиметра также должна плавно возвращаться в исходное положение.

Для проверки наконечники приводят в контакт и затем, вращая микровинт 1 (фиг. 40) на всю длину шкалы, следят за перемещением шкалы при ввёртывании и вывёртывании микровинта. Проверку производят на нескольких участках винта.

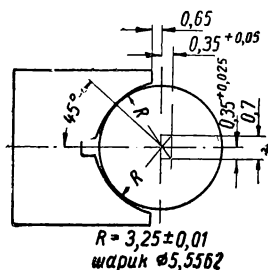
Неплавное перемещение шкалы при ввёртывании винта свидетельствует о загрязнении микропары. Этот дефект устраняют промывкой микропары бензином, протиркой и смазкой её вазелином. При значительном зазоре микровинта в микрогильзе рекомендуется смазывать микропару ланолином.

Неплавный ход и заедание стержня 6 при вывёртывании микровинта также требуют промывки бензином, протирки и смазки вазелиновым маслом стержня и отверстия трубки. При надетой на пиноль скобе с дугой для внутренних измерений трещётка не должна проворачиваться. При проворачивании трещётки 17 (фиг. 40) требуется выправить или сменить пружину 18.

Неточность нулевой установки шкалы при вращении универсального столика. На трубки оптиметра и пиноли устанавливают сферические наконечники (фиг. 50) и производят центрирование их юстировочными винтами 1 пинольной трубки 2. Раздвинув кронштейны, на стол кладут



Фиг. 50



Фиг. 51

широкой стороной на подкладку 3, проверочную плитку 4, которую зажимают струбциной 5, затем наконечники приводят в соприкосновение с плиткой. Приведя стол в движение рычажком 6, следят за показаниями шкалы. Разность между максимальным и минимальным показаниями шкалы не должна превышать 0,2  $\mu$ .

Перемещение шкалы должно происходить плавно, без скачков. В противном случае надо проверить основной стол и убедиться, в том что он не имеет зазора по шпонке 16 подъёмного валика 33 (фиг. 39). Если это не подтвердится, то причину надо искать в износе ласточкина хвоста. Иногда скачкообразное перемещение шкалы вызывается зазором плавающей планки 9.

Зазор ласточкина хвоста 23 (фиг. 39) можно устранить при помощи уменьшения толщины боковой планки 34 (фиг. 38). Для этого нужно немного шлифовать её опорную поверхность. Во избежание деформации планки в процессе шлифования эту операцию рекомендуется производить на чугунной плите электрокорундовым шлифпорошком М10 (120'). Уменьшение толщины планки определяется

по месту. После шлифования надо определить прямолинейность планки лекальной линейкой на просвет.

После двух-трёх уменьшений толщины планки шлифованием последнюю нужно заменить новой.

Зазор плавающей планки обнаруживают при той же установке проверочной плитки небольшим покачиванием верхней плиты вокруг оси в горизонтальной плоскости. При этом наблюдают показания шкалы. Можно также обнаружить зазор плавающей планки покачиванием верхней плиты и универсального стола, положенного на стол, нажимая на края плиты в противоположных точках.

Незначительный зазор легко устранить небольшим натягом одной боковой радиальной направляющей планки 25 (фиг. 39). Для этого отвёртывают два винта, крепящие планку, и, действуя отвёрткой как рычагом, прижимают боковую планку к плавающей, закрепляют ее, не ослабляя усилия, винтами. После регулирования плавающая планка должна свободно перемещаться под собственным весом без заеданий и зазора. Большой зазор плавающей планки и скачкообразное перемещение шкалы возникают вследствие износа и забоин на рабочих поверхностях средней (плавающей) и радиальных направляющих боковых планок.

При обнаружении указанных дефектов планки (фиг. 51) следует довести. Доводку производят чугуном притиром пастой ГОИ 10  $\mu$  предварительно и 4  $\mu$  окончательно. Диаметр притира должен быть равен диаметру шарика (5,556 мм). В процессе доводки притир поворачивают приблизительно на 90°. После доводки производят смену шариков. Диаметр нового шарика должен быть больше сменённого шарика на 0,005—0,01 мм. Шарик не должен отличаться друг от друга по диаметру больше чем на 0,0005 мм. Отклонения шариков от правильной геометрической формы (овальность, огранка) не должны превышать 0,0005 мм.

Если после замены шариков зазор плавающей планки не будет устранён, то производят дополнительный натяг боковой планкой.

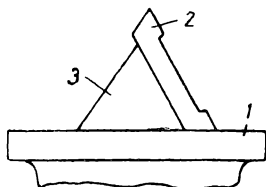
Исправление непрямолинейности поперечного перемещения универсального стола. Одновременно с проверкой точности нулевой установки шкалы проверяют прямолинейность поперечного перемещения универсального стола (фиг. 50).

Проверочную плитку, установленную соответствующими движениями стола относительно оси измерения, переме-

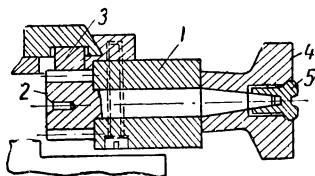
щают при помощи кремальеры 7 (фиг. 50) в поперечном направлении. При этом наблюдают перемещение шкалы. Изменение показаний шкалы должно быть не более 0,0002 мм. Перемещение стола должно происходить плавно.

Непрямолинейное и неплавное перемещение стола происходит вследствие загрязнения направляющих и неравномерного износа ласточкина хвоста 23 (фиг. 38).

Если после промывки, чистки и смазки дефект не будет устранён, то необходимо ласточкин хвост довести (фиг. 52). Доводку производят на чугунной плите 1 пастой ГОИ 10 µ. Для этого планку с ласточкиным хвостом 2 прижимают к трёхгранной линейке 3 и совместно с ней



Фиг. 52



Фиг. 53

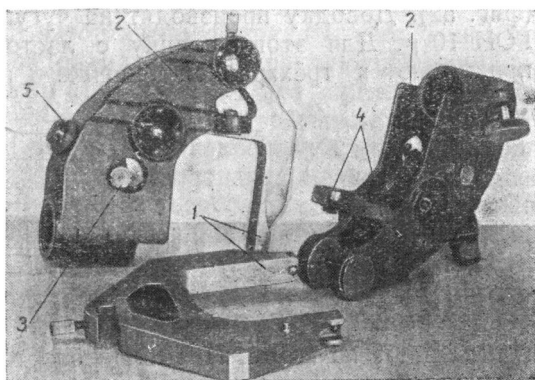
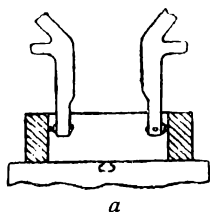
перемещают по плите. Прямолинейность рабочих поверхностей ласточкина хвоста проверяют по лекальной линейке на просвет. Образовавшийся после притирки ласточкина хвоста зазор устраняют при помощи боковой планки 34 (фиг. 38).

Поворот универсального стола в горизонтальной плоскости должен осуществляться плавно, без зазора. Слишком тугий ход свидетельствует о загрязнении поворотной части стола или загустении смазки в связи с низкой температурой помещения. Слишком слабый ход при повороте стола означает отсутствие или разжижение смазки вследствие высокой температуры помещения. В обоих случаях необходимо нижнюю часть стола разобрать, промыть и протереть чистым полотенцем, после чего нанести ровный слой ланолина на трущиеся поверхности поворотной части. В зависимости от температуры помещения можно добавить в ланолин немного натурального воска (примерно одну часть на девять частей ланолина).

Ремонт узла поперечного перемещения универсального стола. При поперечном перемещении универсального стола кремальера не должна иметь осевого и радиального зазора (фиг. 53). Нормальное за-

цепление шестерни и рейки должно обеспечивать плавность перемещения стола. Проверку производят от руки.

Правильность зацепления достигается путём подкладки фольги под рейку 3. Для этого используют зазор, образовавшийся между зубьями шестерни и рейкой вследствие износа. Для устранения радиального зазора диаметр оси шестерни 2 восстанавливают хромированием. При этом шестерню нужно покрыть изоляционным материалом. При осевом зазоре торец кремальеры 4 слегка опиливают бар-



б  
Фиг. 54

хатным надфилем, после чего насаживают на конус оси и затягивают гайкой 5. При сборке ось с шестернёй предварительно вставляют в колодку 1. После сборки снова проверяют действие кремальеры.

Исправление дефектов приспособлений для внутренних измерений. Проверку точности нулевой установки шкалы производят по кольцу, установленному на столе оптиметра (фиг. 54, а). Вращением эксцентрика и поперечным перемещением стола определяют показание, соответствующее размеру диаметра кольца.

Разность между максимальным и минимальным показаниями шкалы должна быть не более 0,0003 мм.

Стабильность показаний при измерении дуг проверяют этой же установкой кольца многократным (5—10 раз) арретированием. Нестабильность показаний не должна быть более 0,001 мм.

Точность нулевой установки шкалы и стабильность показаний при работе с приспособлениями для внутренних измерений зависят в значительной степени от состояния узлов оптиметра.

Причины возникновения неточности и нестабильности, зависящие от состояния самих приспособлений (фиг. 54, б), в основном состоят в следующем:

а) износ или забоины на рабочей поверхности сферических вставок;

б) износ плоских стальных наконечников, установленных на трубках пиноли и оптиметра;

в) износ опорных шариков, запрессованных в дугах;

г) зазор и неплавное перемещение скоб 1 в дугах 2;

д) ненормальное усилие осевой пружины 3.

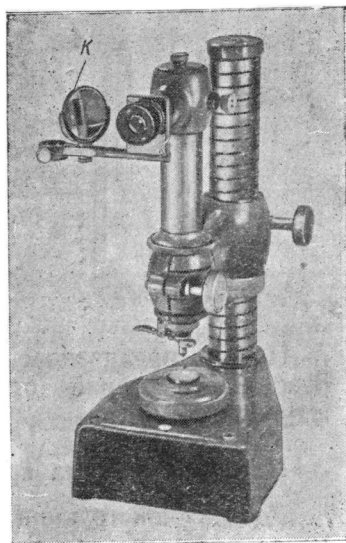
Износ опорных шариков устанавливается при помощи лупы с 10-кратным увеличением. Для устранения износа шарики выпрессовывают через предусмотренное для этого отверстие в дуге с противоположной стороны. Шарик запрессовывается на место противоположной стороной или заменяется новым.

Для устранения неплавности перемещения скоб требуется тщательная промывка шарикоподшипников 4 бензином, после чего их, не снимая со своих мест, смазывают вазелиновым маслом.

Для устранения зазора производят юстировку шарикоподшипников 4, сидящих на эксцентрической оси.

Усилия осевой пружины 3 регулируют при помощи кольца 5.

Завёртывая или вывёртывая это кольцо, ослабляют или увеличивают натяжение пружины. Если пружина по какой-либо причине не поддаётся регулированию, то её нужно заменить новой.



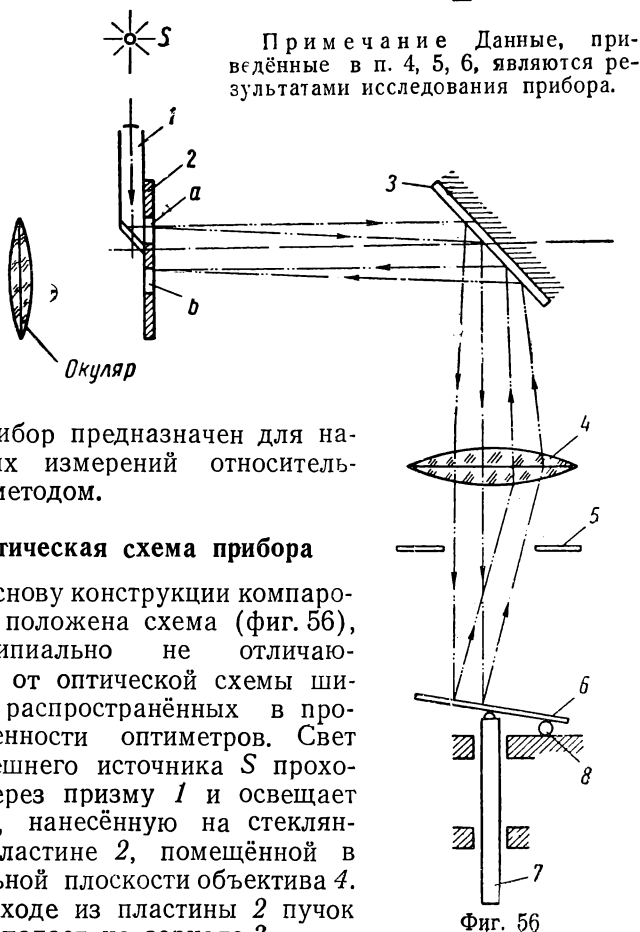
Фиг. 55

# КОМПАРОМЕТР

Конструкция компарометра (фиг. 55) основана на принципе оптического рычага.

Основные технические данные этого прибора:

1. Цена деления . . . . . 0,001 мм
2. Предел измерения по шкале . . . . . 0,110 ( $\pm 0,055$ ) мм
3. Пределы измерения прибора . . . . . 0 — 145 мм
4. Порог чувствительности . . . . . 0,00015 "
5. Предельная нестабильность . . . . . 0,00036 "
6. Точность показаний . . . . .  $\pm 0,0004$  "



Прибор предназначен для наружных измерений относительным методом.

## Оптическая схема прибора

В основу конструкции компарометра положена схема (фиг. 56), принципиально не отличающаяся от оптической схемы широко распространённых в промышленности оптиметров. Свет от внешнего источника *S* проходит через призму *1* и освещает шкалу, нанесённую на стеклянной пластине *2*, помещённой в фокальной плоскости объектива *4*. По выходе из пластины *2* пучок лучей падает на зеркало *3* и, от-

разившись от него под углом  $90^\circ$ , проходит, преломившись, через объектив 4. Из объектива параллельный пучок лучей, пройдя через диафрагму 5, падает на зеркало 6, опирающееся на измерительный стержень 7 и два неподвижных шарика 8. Поступательное перемещение измерительного стержня заставляет зеркало 6 колебаться, вследствие чего изменяется угол между отражательной поверхностью зеркала и оптической осью прибора.

После отражения от зеркала 6 пучок лучей возвращается к источнику света, и изображение шкалы попадает обратно на стеклянную пластину 2. Так как шкала *a* прибора, нанесённая на пластине 2, смещена относительно главной оптической оси, то изображение шкалы *b* окажется с другой стороны главной оптической оси. На той части пластины, куда проектируется изображение шкалы, нанесён указатель, относительно которого и определяются величина и направление перемещения шкалы, вызываемого перемещением измерительного стержня.

### Конструкция прибора

Конструкция прибора (фиг. 57) несколько отличается от конструкции вертикального оптиметра. В качестве источника света используется специальное осветительное приспособление (*K*, фиг. 55).

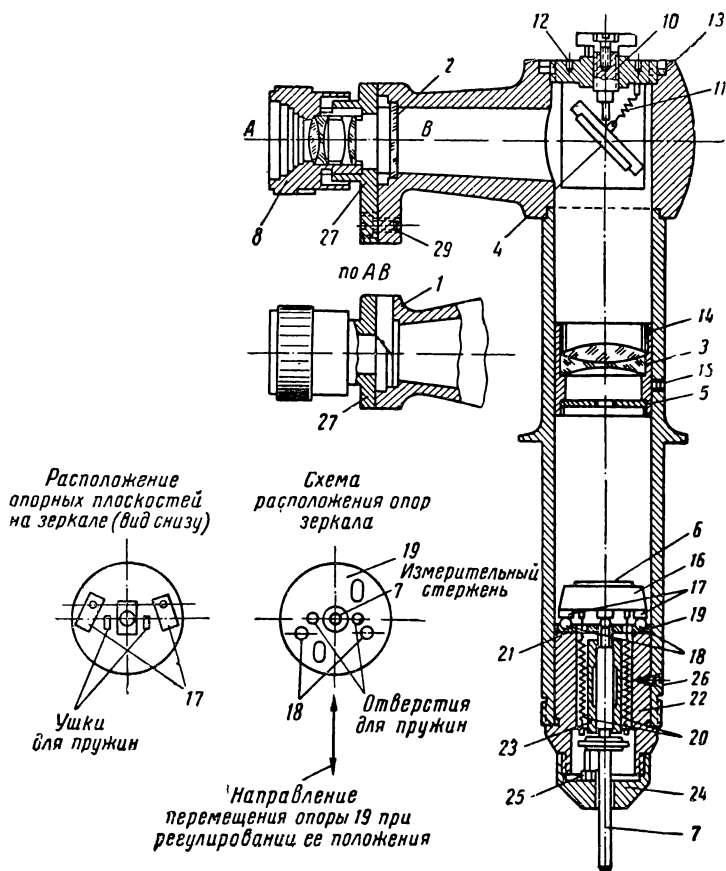
Стеклянная пластина 2 (фиг. 57) имеет два прозрачных поля. На одном из них изображена шкала, прикрытая призмой 1 с числом делений 110 ( $\pm 55$  от нулевого штриха), на другом нанесен указатель. Призма 1 и пластина 2 неподвижно укреплены на тубусе окуляра 27.

Зеркало 4, изменяющее направление лучей, может поворачиваться вокруг горизонтальной оси 9 (фиг. 58). Угол наклона зеркала регулируется при помощи винта с мелким шагом 10 (фиг. 57), к которому зеркало прижимается пружиной 11. Регулирующее устройство и опоры зеркала смонтированы в фасонной крышке 12, которая ввинчивается в прибор сверху и при достижении соответствующего положения закрепляется контргайкой 13.

Объектив 3 и диафрагма 5 смонтированы в одной оправе 14, которая при сборке и юстировке может перемещаться в вертикальном тубусе вдоль оси и закрепляется винтом 15. На нижней поверхности оправы 16 зеркала 6 имеются три закалённые доведённые площадки 17, которые опираются на три шарика. Два шарика 18 запрессо-



ваны в опору 19 и образуют ось, вокруг которой зеркало 6 поворачивается под действием измерительного стержня 7 и пружин 20. Третий шарик 21 запрессован в верхней части измерительного стержня 7. Пружины 20 нижними концами неподвижно закреплены в корпусе 22, а верх-



Фиг. 57

ними концами в ушках на оправе зеркала 16. Указатель и изображение шкалы наблюдают через окуляр 8.

Конструкция стойки позволяет осуществлять грубое и точное перемещение трубки в вертикальном направлении, а также поворот её вокруг оси на шарикоподшипниковой опоре. На стойке имеется жёсткоустановленный пло-

ский ребристый столик 1 (фиг. 59), рабочая поверхность которого перпендикулярна оси трубки. К прибору прилагается круглый столик (фиг. 60) с трёхточечной шариковой опорой для измеряемых изделий. По аналогии с существующими оптиметрами в настоящей конструкции предусмотрено также проектирующее устройство 2 (фиг. 59), которое применяется в сочетании с устроенным для этого осветительным приспособлением 3.

Компарометр имеет ряд недостатков, которые заставляют предпочитать ему рассмотренные ранее оптиметры.

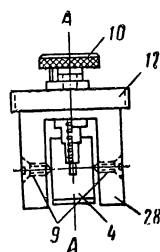
К основным недостаткам относятся следующие:

1) сравнительно малой диапазон рабочего перемещения измерительного стержня ( $\pm 55 \mu$ );

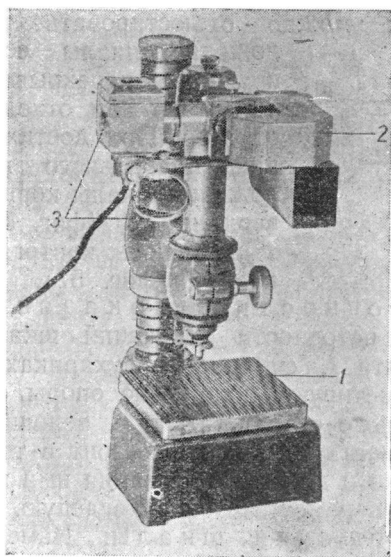
2) большая толщина штрихов шкалы и указателя, затрудняющая точный отсчёт долей деления шкалы;

3) невысокое качество изготовления трубки;

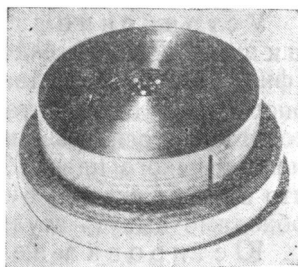
4) трудность юстировки важных элементов прибора (точность, разнофокусность шкалы и индекса и пр.);



Фиг. 58



Фиг. 59



Фиг. 60

5) неудачная конструкция узла преломления пучка лучей (фиг. 57) от пластины 2 к объективу 3, затрудняющая юстировку.

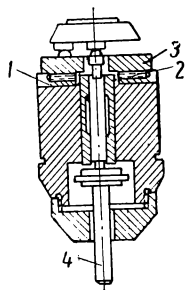
## Разборка трубки компарометра

При разборке нужно отвернуть медную крышку 24 (фиг. 57) и три винта 26. После этого вынимают корпус 22 с узлом зеркала 16. Далее отвёртывают контргайку 13 и вынимают узел отражательного зеркала 11 с крышкой 12. Отвернув четыре винта 29 и сняв окуляр 8, вынимают призму 1. Для того чтобы вынуть стеклянную пластину 2 со шкалой, нужно снять корпус 27 окуляра. Отвернув винт 15, можно вынуть объектив. Разборка узлов затруднений не представляет.

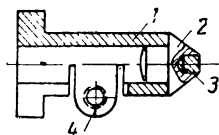
## Ремонт и юстировка компарометра

Юстировка положения шкалы относительно указателя. Зеркало 4 (фиг. 58) может поворачиваться вокруг своей оси 9 при помощи винта 10.

Установка шкалы на нуль в процессе измерения достигается наклоном зеркала 4. Помимо этого узел зеркала 4 может поворачиваться вокруг оси А—А. Этим поворотом можно отъюстировать положение шкалы, если последняя перекрывает указатель или отходит от него. При достижении правильного положения шкалы корпус зеркала 28 (фиг. 58) закрепляют контргайкой 13 (фиг. 57).



Фиг. 61



Фиг. 62

Устранение неточности показаний шкалы. Для устранения неточности показаний шкалы (фиг. 61) служат два винта 1, сидящие в сухариках 2 опоры 3. Этими винтами юстируют положение опоры относительно оси измерительного стержня 4, т. е. величину механического плеча. Трудность юстировки состоит в том, что винты 1 скрыты в трубке и для регулирования ими необходимо вынуть втулку и переместить опору вслепую.

Юстировка перемещения шкалы. Измерительный стержень 7 (фиг. 57) перемещается во втулке 23 и поддерживается снизу крышкой 24. Регулируемый штифт 25, укрепленный в крышке 24, служит ограничителем перемещения измерительного стержня. Регулируя штифт 25, добиваются нормального расхода шкалы.

Устранение параллакса шкалы достигается перемещением оправы объектива 3 (фиг. 57) в тубусе вдоль оси вверх или вниз до тех пор, пока пластина 2 со шкалой не совпадёт с фокальной плоскостью объектива. При достижении максимальной резкости изображения шкалы и полном отсутствии параллакса оправа 14 закрепляется винтом 15.

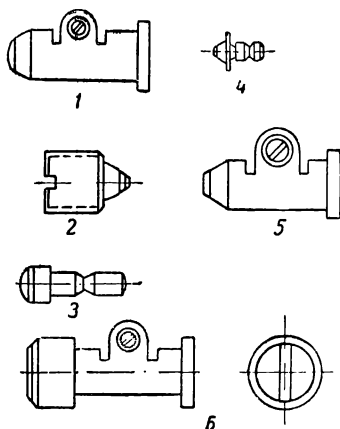
Юстировка и ремонт других элементов оптической трубки прибора производится аналогично трубке оптиметра.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ НАКОНЕЧНИКОВ

Наконечники составляют важную деталь оптиметров. От состояния наконечников в значительной мере зависят стабильность и точность показаний оптиметра. Вследствие износа наконечников юстировка их параллельности затруднена. Кроме того, изношенный наконечник оставляет царапины на поверхности измеряемой детали. Поэтому перед началом работы в первую очередь надо обратить внимание на состояние рабочих поверхностей наконечников.

Наконечники типа Цейсс (фиг. 62) состоят из корпуса 1, насадки 2 вставки 3 и зажимного винта 4. Вставки изготавливаются из агата или твёрдого сплава. В настоящее время применяют также вставки, изготовленные из синтетического корунда (лейкосапфира), имеющего высокую твёрдость (до 9,5 по шкале Мооса) и большую износостойкость, однако недостатком его является хрупкость.

Для изготовления вставок (плоских и ножевидных наконечников) применяют также хромистую сталь марок Х или ХГ. После соответствующей обработки вставки закаливают до твёрдости  $R_C = 60-64$ , затем их хромируют. На практике встречаются наконечники с запрессованным в корпус шариком. Применяются наконечники нескольких видов (фиг. 63):



Фиг. 63

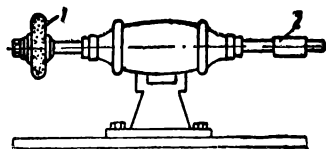
а) наконечники со сферической рабочей поверхностью для трубок оптиметров и пиноли 1;

б) наконечники для чашеобразных столов 2, диаметр их рабочей поверхности равен 3—3,5 мм, радиус сферы — 5 мм;

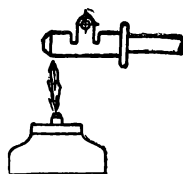
в) наконечники к дугам приспособлений для внутренних измерений 3 и 4, диаметр рабочей поверхности — 1,5—2 мм, радиус сферы — 2—2,5 мм;

г) наконечники с плоской рабочей поверхностью 5, диаметр рабочей поверхности — 4 мм;

д) наконечники с узкой рабочей поверхностью 6 (ножевидные), изготавливаются с длиной ленточки 3,5, 5, 10 и 16 мм.



Фиг. 64



Фиг. 65

Изготовление и ремонт наконечников со вставками из различных материалов по методу обработки можно свести к двум группам:

1) наконечники со стальными и агатовыми вставками;

2) наконечники со вставками из твёрдого сплава и лейкосапфира.

Изготовление корпуса и насадки наконечника не представляет затруднений. Хорошие результаты даёт склейка корпуса и насадки карбинольным клеем.

В данном разделе описываются только изготовление и ремонт вставок, которые в конечном счете являются главной деталью наконечника.

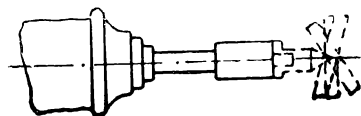
Наконечники с агатовыми сферическими вставками. Агатовый камень любой формы с расстоянием между сторонами от 6 до 8 мм обтачивают вручную на электрокорундовом шлифовальном круге 1, смонтированном на валу мотора (фиг. 64) до получения цилиндрической заготовки диаметром 3—3,5 мм и длиной 4—5 мм.

Корпус наконечника одевают на оправку (фиг. 65); в гнездо насадки насыпают мелкий пластинчатый шеллак, который расплавляют, нагревая на спиртовке. В расплавленный шеллак вводят вставку (цилиндр) и слегка прижимают её до тех пор, пока шеллак застынет (2—3 мин),

Оправку вынимают из наконечника и закрепляют его на приспособлении 2, смонтированном на оси мотора (фиг. 64); после этого шлифуют сферу вставки. Число оборотов мотора не должно быть менее 1200—1500 в минуту, мощность — 0,1—0,2 квт.

Для шлифования применяют плоскую алюминиевую пластину размером  $5 \times 20 \times 80$  мм. При помощи шарика диаметром 10 мм делают на её поверхности оттиск глубиной 2,5—3 мм. После шлифования 3—5 наконечников делают новый оттиск на той же пластине.

В качестве абразива служит паста ГОИ 30—40  $\mu$ , которой заполняется оттиск. При шлифовании производят качательные движения пластины, как показано пунктиром на фиг. 66.



Фиг. 66

Доводку сферы производят оловянным притиром, на котором делают оттиск шариком диаметром 10 мм. Абразивом служит паста ГОИ 7—10  $\mu$  для предварительной и 2—4  $\mu$  для окончательной доводки. Поверхность сферы должна иметь зеркальную доводку. Проверяют качество обработанной поверхности вставки лупой с увеличением 10—20 раз. Вставка должна выступать из насадки не менее чем на 1,0 мм и не более чем на 2,0 мм.

Для ремонта наконечников достаточно одной доводки. При наличии забоин, глубоких царапин и грубых следов износа вставка перед доводкой сферы должна быть прошлифована. После изготовления и ремонта наконечников проверяют их центровку на горизонтальном оптиметре.

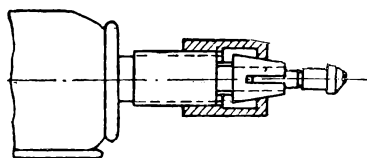
Изготовление и ремонт наконечников к приспособлениям для внутренних измерений. Наконечники для дуг к приспособлениям для внутренних измерений изготавливают и ремонтируют так, как было описано выше. Оттиск на притирах делают шариком диаметром 4—5 мм. Закрепление наконечников на моторе производят в цанговом приспособлении (фиг. 67). В качестве приспособления может также служить наконечник, в гнезде которого закрепляют на шеллаке обрабатываемый наконечник для дуг (фиг. 68). После обработки вставка должна выступать из наконечника на 0,5—1 мм.

Конструкция приспособлений для шлифования и доводки наконечников к чашеобразным столикам зависит от кон-

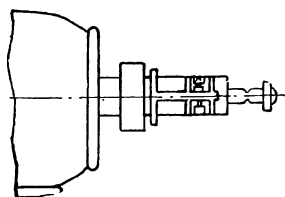
струкции наконечника. Для гладких наконечников применяют цанговый зажим, для наконечников, у которых на наружном диаметре нарезана резьба, применяют соответствующий резьбовой патрон с нарезкой  $1M10 \times 0,5$  мм.

Для ремонта наконечников с запрессованными в них шариками следует шарики вынуть и запрессовать их обратной стороной или заменить новыми.

Наконечники со сферическими вставкам из лейкосапфира или твёрдого сплава. До последнего времени лейкосапфир поступал в промышленность в виде зёрен неправильной формы, которые разрезают алмазной пилой. Из них высверливают цилиндрики



Фиг. 67



Фиг. 68

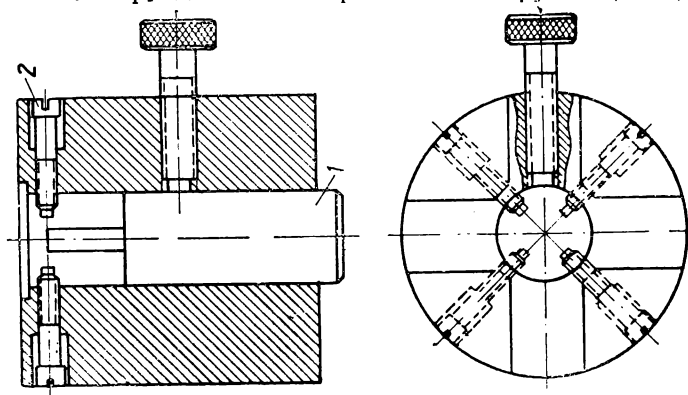
при помощи полых алмазных свёрл. В настоящее время осваивается получение заготовок лейкосапфира непосредственно в виде цилиндров нужных диаметров и длин. В незначительных количествах цилиндрики изготавливают следующим образом: лёгкими ударами молотка зёрна дробят на кусочки величиной 8—10 мм, затем обтачивают вручную на круге из зелёного карборунда экстра, смонтированного на электромоторе. Цилиндрик клеивают шеллаком в гнездо насадки. Используя приспособления, применяемые для обработки описанных выше наконечников, доводят сферу вставки. Шлифование производят плоским алюминиевым притиром, имеющим сферическое углубление соответствующего радиуса. Углубление заполняют карбидом бора № 46—60 (зерно 350—177  $\mu$ ) для предварительного шлифования и № 100—120 (зерно 149—105  $\mu$ ) для окончательного. Карбид бора слегка смачивают керосином.

Доводку производят оловянным притиром. Оттиск слегка смазывают отмученным в прованском масле алмазным порошком № 4 (зерно 7—5  $\mu$ ) предварительно и № 6 (зерно 3—1  $\mu$ ) окончательно. Для каждой фракции алмазного порошка нужно иметь отдельные притиры.

Цилиндрики из твёрдых сплавов приобретают в готовом виде. Обработка их аналогична вставкам из лейкосапфира.

Технические условия, предъявляемые к наконечникам со сферическими вставками из твёрдого сплава и лейкосапфира, аналогичны условиям, предъявляемым к вставкам из агатовых камней.

Изготовление наконечников с агатовыми и плоскими вставками. Обточенный вручную на электрокорундовом шлифовальном круге цилиндр



Фиг. 69

из агатового камня размером 8—10 мм до диаметра 3,5—4 мм и длиной до 4—5 мм вклеивают в гнездо наконечника. Наконечник зажимают на оправке 1 (фиг. 69) и вставляют в приспособление, при помощи которого его шлифуют на чугунной плите электрокорундовым микроабразивным порошком М14 (60'), слегка смоченным керосином. В процессе шлифования достигается прямолинейность рабочей поверхности наконечника, а также перпендикулярность ее относительно оси наконечника.

Прямолинейность проверяют лекальной линейкой, не вынимая наконечника из приспособления. Перпендикулярность должна быть выдержана в пределах 10'. Проверку производят на горизонтальном оптиметре юстировкой наконечников на параллельность. Юстировка параллельности наконечников в любом их положении должна происходить без затруднений. При наличии перекаса рабочей плоскости наконечника относительно его оси, затрудняющего юстировку параллельности наконечников, последние снова



шлифуют, причём установку их в приспособлении производят по лекальной линейке при помощи четырёх юстировочных винтов 2. После шлифования плоскость вставки доводят. Доводку производят в таком же приспособлении, как и для шлифования, но с доведённым верхним торцом на стеклянной плите-притире размером  $25 \times 80 \times 150$  мм. Абразивом служит паста ГОИ 7—10  $\mu$  для предварительной и 2—4  $\mu$  для окончательной доводки.

Для доводки наконечник зажимают в оправке, которую вставляют в корпус; при этом плоскость наконечника должна находиться выше поверхности приспособления на 1—2  $\mu$ . Наконечник центрируют четырьмя юстировочными винтами. Установку его производят по интерференционному стеклу.

В процессе доводки проверяют плоскостность наконечника интерференционным стеклом, притёртым к поверхности приспособления. При этом интерференционная картина должна одновременно наблюдаться на доведённых поверхностях приспособления и наконечника.

При наличии перекоса наконечника относительно поверхности приспособления положение наконечника снова юстируют четырьмя винтами 2.

Установив поверхность наконечника параллельно поверхности приспособления, лёгким ударом по нижнему торцу оправки устанавливают наконечник на 1—2  $\mu$  выше поверхности приспособления и снова доводят. В результате доводки плоскость наконечника должна иметь зеркальную поверхность. Наличие царапин, пор и выкрошенных мест не допускается. Завалы на краях не должны превышать 0,2 мм. Неплоскостность должна лежать в пределах 0,1  $\mu$ .

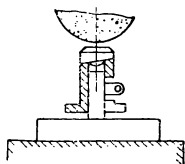
После доводки на горизонтальном оптиметре производят проверку возможности юстировки параллельности наконечников в нескольких положениях.

Ремонт плоских наконечников с агатовой вставкой производят доводкой. При незначительном износе и отсутствии других пороков достаточно одной окончательной доводки. Наличие забоин, царапин и грубых следов износа требует предварительного шлифования рабочей поверхности наконечника перед доводкой.

Изготовление наконечников со стальными плоскими вставками. Плоская стальная насадка составляет одно целое со вставкой и изготовляется из хромистой стали марок Х или ХГ.

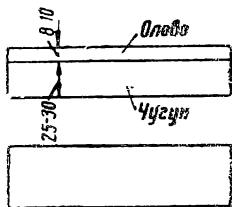
Насадку подвергают закалке до твёрдости  $R_C = 60—64$ , зачищают и заделывают в корпус карбинольным клеем, после чего шлифуют.

Шлифование наконечников производят при помощи приспособления (фиг. 70) на плоскошлифовальном станке и после проверки юстировки на параллельность наконечники доводят. Доводку производят на шаржированных чугунных доводочных плитах размером  $100 \times 200$  мм до получения плоскостности в пределах  $0,1$  м. После предварительной доводки наконечники хромируют. Толщина слоя хрома должна быть не менее  $0,05$  мм. После хромирования производят окончательную доводку наконечника и проверку интерференционным стеклом его плоскостности. Проверяют также возможность юстировки параллельности на горизонтальном оптиметре.

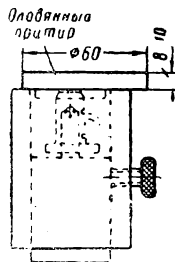


Фиг. 70

Изготовление наконечников сплюснутыми вставками из лейкосапфира или твёрдого сплава. Вставку из материала высокой твёрдости изготавливают описанным выше методом и, вклеив её в



Фиг. 71



Фиг. 72

наконечник, шлифуют. Шлифование производят вручную в приспособлении (фиг. 69) на чугунной плите. Абразивом служит слегка смоченный керосином карбид бора № 46—60 для предварительного и № 100—120 для окончательного шлифования. После шлифования плоскость вставки доводят в приспособлении с доведённым верхним торцом, аналогично изображенному на фиг. 69. Для доводки применяют чугунную плиту размером  $100 \times 200$  мм, покрытую слоем олова толщиной  $8—10$  мм (фиг. 71).

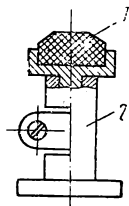
Поверхность доводочной плиты должна быть пришпательована не ниже 1-го класса (число пятен не менее 25 на

площади  $25 \times 25$  мм). Вдоль поверхности притира лопаточкой (проволока с расплюснутым концом) наносят несколько мелких капель отмученного в прованском масле алмазного порошка № 4. Возвратно-поступательными движениями производят предварительную доводку плоскости вставки.

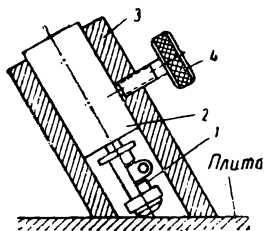
Окончательную доводку производят последовательно алмазным порошком № 5 (зерно  $5-3 \mu$ ) и № 6 (зерно  $3-1 \mu$ ). Для окончательной доводки применяют круглый оловянный притир с хорошо пришабренной поверхностью (фиг. 72), которым производят

возвратно-поступательные и вращательные движения. Время от времени проверяют установку наконечника в приспособлении и плоскость доводимой поверхности, как указано выше.

В зависимости от состояния наконечника ремонт его можно произвести только окончатель-



Фиг. 73



Фиг. 74

ной доводкой — или всем комплексом операций доводки, или доводкой с предварительным шлифованием.

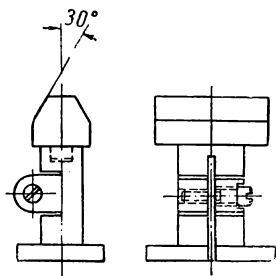
Технические условия, предъявляемые к качеству поверхности вставки из лейкосапфира или твёрдого сплава аналогичны условиям, предъявляемым к агатовым наконечникам.

Изготовление наконечников с агатовыми ножевидными вставками. Для наконечников (фиг. 73) со вставками 1 диаметром 3, 5, 5, 10 и 16 мм соответственно берут заготовку размерами по ширине 5, 5, 8, 13 и 19 мм и по высоте 4—5 мм, которую обтачивают по диаметру и вклеивают шеллаком в корпус наконечника 2, затем в приспособлении снимают скосы (фиг. 74). Вставив в корпус 3 наконечник 1, зажатый на оправке 2, закрепляют оправку винтом 4. Верхний торец приспособления имеет скос под углом  $15^\circ$ . Снятие скосов производится на чугунной плите электрокорундовым абразивным порошком М14 ( $60'$ ). После снятия одного скоса наконечник с оправкой поворачивают на  $180^\circ$  вокруг его оси, устанавливают по лекальной линейке и, закрепив винтом 4, снимают второй скос.

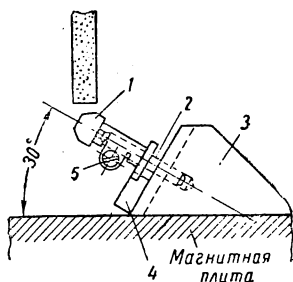
Шлифование рабочей плоскости (ленточки) производят в приспособлении (фиг. 69) аналогично способу шлифования плоских наконечников. Ширина ленточки должна лежать для вставок с длиной ленточки 5 мм в пределах  $2 \pm 0,2$  мм, для вставок с длиной ленточки 10 и 16 мм —  $3 \pm 0,3$  мм. Образующие ленточки должны быть параллельными. Проверку параллельности производят на-глаз.

Доводку рабочей плоскости наконечника производят аналогично доводке плоских агатовых наконечников.

После изготовления и ремонта проверяют возможность юстировки параллельности наконечников на горизонтальном оптиметре.



Фиг. 75.



Фиг. 76

Проверку производят в двух положениях наконечников: при горизонтальном положении измерительных поверхностей и при их вертикальном положении. Отклонение показания по трубке оптиметра не должно превышать 0,0002 мм.

Изготовление наконечников со стальными ножевидными вставками. Вставка ножевидного наконечника (фиг. 75) составляет одно целое с насадкой и изготавливается из хромистой стали марок Х или ХГ. После токарной обработки и фрезерования лысок насадку закаливают до твердости  $R_c = 60-64$ , зачищают и клеивают в корпус карбинольным клеем, затем шлифуют скосы в приспособлении (фиг. 76) на плоскошлифовальном станке с помощью магнитной плиты.

Наконечник 1 насаживают на стержень 2 приспособления 3. В приспособлении имеется прорезь глубиной 3 мм и шириной 1,2 мм, в которую вставляют пластинку 4 толщиной 0,8 мм. Пластика одновременно должна войти в прорезь наконечника, после чего последний закрепляют

винтом 5. Прошлифовав один скос, наконечник поворачивают на  $180^\circ$  вокруг своей оси и устанавливают по пластинке 4. После шлифования скосов шлифуют рабочую плоскость наконечника в приспособлении (фиг. 70) до получения ленточки шириной, соответствующей её длине, затем проверяют возможность юстировки параллельности наконечника на горизонтальном оптиметре в двух положениях измерительной поверхности — горизонтальном и вертикальном. Если наконечник отвечает техническим условиям, предъявляемым к нему после шлифования, то производят предварительную доводку в приспособлении (фиг. 69) на чугунных шаржированных плитах. После предварительной доводки наконечник хромируют. Толщина слоя хрома должна быть не менее 0,05 мм. Затем наконечники окончательно доводят на чугунной доводочной плите и снова проверяют.

Ремонт наконечников в основном состоит из этих же операций.

В результате проверки наконечники должны отвечать следующим техническим условиям:

1. Смещение рабочей поверхности от оси наконечника не должно превышать 0,1 мм.

2. Неплоскостность доведённой поверхности для размеров наконечников 3,5 и 5 мм должна быть в пределах 0,15 м; для размеров наконечников 10 и 16 мм — в пределах 0,3 м.

3. Рабочая поверхность должна иметь зеркальную доводку.

4. Наконечники должны допускать юстировку параллельности без затруднений в любом положении.

Изготовление наконечников с ножевидными вставками из лейкосапфира или твёрдого сплава. Заготовку для вставок из лейкосапфиров обрабатывают так же, как для агатовых; вставки из твёрдых сплавов нужных размеров приобретают в готовом виде.

После вклейки вставки 1 в наконечник 2 (фиг. 73) последний проходит все операции обработки, аналогичные приведённым для агатовых ножевидных наконечников.

Абразивом для снятия скосов служит карбид бора № 46—60. Шлифование рабочей плоскости предварительно производят карбидом бора № 46—60 и окончательно № 100—120.

Предварительную доводку производят отмученным в прованском масле алмазным порошком № 4 на чугуновой плите (фиг. 71), покрытой слоем олова.

Окончательную доводку производят оловянным круглым притиром (фиг. 72) последовательно алмазным порошком № 5 и 6.

Технические условия, предъявляемые к наконечникам со вставками из лейкосапфира или твёрдого сплава аналогичны условиям на агатовые ножевидные наконечники.

## ОТМУЧИВАНИЕ АЛМАЗНОЙ ПЫЛИ

Чистота доведенной поверхности вставок, изготавливаемых из материалов высокой твёрдости, в основном зависит от качества, применяемого для доводки алмазного порошка и поверхности притира. Зеркальная доводка поверхностей вставок из лейкосапфира или твёрдого сплава достигается при помощи алмазного порошка, отмученного в прованском (оливковом) масле.

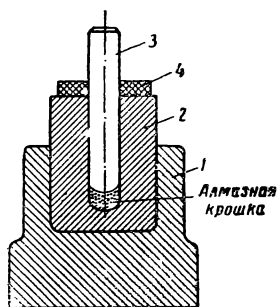
Путём размельчения алмазных кристаллов получают зёрна, имеющие большое количество острых и хорошо сопротивляющихся износу граней. Шаржируя такими зёрнами мягкие металлы и другие материалы, можно изготовить инструменты для шлифования, доводки, разрезки и сверления материалов, обладающих высокой твёрдостью.

Для изготовления алмазного порошка (пыли) употребляют мелкие кристаллы алмаза (крошки и обломки). Шлифующая способность алмазной пыли зависит от того, из какого сырья она изготовлена. Встречающаяся в готовом виде алмазная пыль, если она была получена в процессе шлифования алмазов, негодна к употреблению, так как отдельные зёрна её не сохранили острых граней и потеряли поэтому свою режущую способность. Такой порошок считается «мёртвым». Более ценным является алмазный порошок, полученный непосредственным размельчением алмазных крошек.

Для размельчения алмазных крошек служит показанная на фиг. 77 стальная ступка 2, в которую вставлен хорошо пригнанный пестик 3 с закруглённым концом. Чтобы избежать потери алмазной пыли, ступку сверху прикрывают резиновой прокладкой 4, через которую проходит пестик. Для устойчивости ступку помещают в стальное основание 1. Ступку и пестик изготавливают из углеродистой стали марок У10 или У12 и закаливают,

кроме верхней части пестика (на длине 30—40 мм), которую оставляют незакалённой. Внутренний диаметр ступки — 20 мм, наружный диаметр — 60 мм. Дно ступки должно быть закруглённым. Пестик и отверстие ступки должны быть отшлифованы. Глубина отверстия ступки — 120—150 мм, длина пестика — 160—190 мм. Зазор между пестиком и отверстием ступки должен находиться в пределах 0,030 мм. Стальное основание изготавливают из стали 40—50.

В ступку, на дне которой насыпана алмазная крошка, вставляют пестик. Держа рукой верхнюю часть ступки и



Фиг. 77

прижимая пальцами резиновую прокладку, ударяют молотком по торцу пестика. Через каждые 5—8 ударов пестик поворачивают в ступке и затем, немного приподняв его, наносят несколько ударов по бокам и по дну ступки, встряхивая этим крошку. После этого продолжают удары молотком по торцу пестика. Размельчение продолжается 20—40 мин. Удары прекращают после того, как перестаёт ощущаться трение пестика об алмазную крошку при его поворачивании.

Алмазная пыль получается высокого качества, если в ступку для размельчения насыпано не более 2 карат алмазной крошки. Количество крошки, превышающей 2 карата, ведёт к ухудшению режущих качеств алмазной пыли и к образованию более грубых номеров, обычно составляющих более 60 % по весу полезной для доводки алмазной пыли.

После размельчения алмазную пыль высыпают на сухую и чистую бумагу, не имеющую пористости, или в фарфоровую чашечку, и стальной лопаточкой, изготовленной из проволоки со сплюсненным концом, производят разделение спрессованных частиц алмазной пыли. Ударами молотка по бокам и по дну ступки, а также поворачиванием пестика в ступке извлекают остатки порошка. Применение новой ступки и пестика в начале неизбежно влечёт потерю алмазной пыли до 20 %. После двух-трёх раз поры ступки и пестика насытятся алмазной пылью, и потери её станут незначительны.

Изготовленный таким образом порошок всыпают в стакан с прованским маслом и тщательно размешивают

стеклянной палочкой с оплавленным (закруглённым) концом. Для отмучивания алмазной пыли необходимо иметь несколько толстостенных стаканов или банок с закруглённым внутри дном. Ёмкость сосуда должна быть не менее 300—350 см<sup>3</sup>. Внутренний диаметр сосуда — 60—55 мм. Высота столба жидкости должна быть 90—100 мм. Количество одновременно отмучиваемой пыли должно быть не более 5 и не менее 2 карат.

Для алмазной пыли, применяемой для доводки вставок наконечников из высокотвёрдых материалов и различных измерительных инструментов с напаянными пластинками из твёрдых сплавов, существует ряд режимов времени отмучивания алмазной пыли. Рекомендуется пользоваться режимами времени, применяемыми в цехе юстировки НИБВ и дающими хорошие результаты при доводке.

Таблица

№ алмазно- го порошка	Величина зерна в $\mu$	Время отмучи- вания в час.
0	60—25	3,0
1	25—18	7,0
2	18—10	14,0
3	10—7	30,5
4	7—5	54,5
5	5—3	77,0
6	3—1	155,0

По истечении времени, указанного для каждого номера порошка, верхнюю взмученную часть сливают в другой стакан. На дне первого стакана остаётся отмученный порошок определённой фракции и немного масла (несколько капель).

Важно, чтобы зёрна были одинакового размера, иначе невозможно при доводке получить поверхность требуемого качества. Желательно, чтобы в каждой последующей фракции было не более 3—5% зёрен предыдущей фракции. При соблюдении приведённых режимов времени это условие почти достигается.

Для получения большого количества алмазного порошка фракций 4—6, применяемых при доводке, можно произвести отмучивание алмазного порошка фракций 1—3 в порошок фракций 0 с продолжительностью отмучивания 30,5 часа.



Полученные при этом крупные зёрна промывают несколько раз в чистом авиационном бензине, сушат, размельчают в ступке и снова отмучивают в прованском масле указанным способом.

Для предварительной обработки наконечников со вставками из лейкосапфира или твёрдого сплава взамен грубых номеров порошка (1—3) применяют карбид бора № 46—60 и 100—120.

Многократным отмучиванием освобождают порошок от стальных частиц ступки и других чужеродных тел. Стаканы с отмученным алмазным порошком хранят в местах, защищённых от тряски и колебаний. Для защиты от попадания пыли стаканы с алмазным порошком прикрывают стеклянным колпаком или крышкой.

## ДОВОДКА ПОВЕРХНОСТЕЙ

Присутствие на рабочих доведённых поверхностях приборов следов износа, царапин, коррозии и других дефектов мешает нормальной работе и часто ведёт к неточным и нестабильным показаниям.

Доводка поверхности — сложная операция, требующая значительного практического опыта и особых производственных условий. Доводочные работы занимают большой объём при ремонте оптических приборов.

Ниже приводятся порядок, методы и характер работ по доводке плоскостей, рекомендуемых для применения при ремонте приборов.

Оснащение рабочего места для работ по доводке поверхностей. Для доводки поверхностей необходимо иметь следующее оснащение: 1) три доводочные шаржированные плиты; 2) стеклянную банку с бензином, закрытую резиновой пробкой с воткнутым в неё проволочным стержнем, на конце которого укреплена вата для набирания бензина и смачивания плиты; 3) кусок стеарина (100 г); 4) кусок перевязанной нитками ваты («куколка») для растирания бензина по поверхности плиты; 5) брусок «Арканзас»; 6) интерференционные стёкла; 7) лекальные линейки.

Брусок «Арканзас» служит для растирания шаржировки (сбивания острых вершин крупных зёрен абразива). Широкой стороной бруска с лёгким нажимом круговыми движениями проводят несколько раз по всей поверхности плиты. Брусок применяют в начале доводки.

Этим методом быстро и просто достигается окончательная доводка плиты до требуемой степени шаржирования; его применяют чаще всего для третьей плиты. Размеры бруска «Арканзас» —  $20 \times 20 \times 50$  мм. Для получения высокой плоскостности брусок проходит правку. Плоскостность проверяют интерференционным стеклом. Точность бруска должна быть не меньше, чем у доводочных плит.

Правку бруска производят на чугунной планшайбе абразивным порошком № 230 (5') и микроабразивом М14 (60') при смачивании водой. Затем брусок доводят на стеклянном притире электрокорундовым микроабразивом М7 (240') при смачивании водой.

Притирочным стеклом служит обычное толстое зеркальное стекло, выправленное на чугунной плите таким же способом, как и брусок «Арканзас». Стекло должно иметь тонкую матовую поверхность.

Интерференционные стёкла служат для проверки плоскостности деталей в процессе доводки.

Лекальные линейки служат для проверки плит и брусков.

Для тонких деталей, доведённых с обеих сторон, рекомендуется применять контакт, к которому притирается доводимая деталь. Этим необходимо пользоваться во избежание нагревания детали и её прогиба. Если деталь имеет только одну доведённую поверхность, вследствие чего она не может быть притёрта к контакту, то следует применить приспособление, в выемке которого должна поместиться ремонтируемая деталь. Между приспособлением и деталью устанавливают мягкую прокладку (например резиновую). Приспособление должно обеспечивать полное соприкосновение доводимой поверхности детали с плитой.

Притиры, применяемые при доводке и подготовка к работе. Доводку поверхностей производят на чугунных доводочных плитах. В качестве доводочных плит можно применять обычные проверочные или разметочные плиты, предварительно отождённые.

Материалом для плит служит ферритовый чугун с фосфидной эвтектикой. Твёрдость по Бринелю — 130—150.

Обычно пользуются доводочными плитами размером  $200 \times 250$  и  $300 \times 300$  мм. Применяют также доводочные плиты размером  $100 \times 200$  мм, получаемые от разрезки плит размером  $200 \times 200$  мм.

Указанные размеры удобны при притирке и шаржировании самих плит и доводке небольших деталей.

**Притирка доводочных плит.** Все плиты должны быть простроганы и шлифованы или пришабрены. Чем лучше выполнена отделка плоскости, тем легче подготовка плит к доводке. Плиты поступают к доводчику в неокончательно обработанном виде.

Для подготовки доводочных плит к доводке необходима окончательная притирка их рабочих поверхностей.

Притирку производят при помощи электрокорундового микроабразивного порошка М14—М16 (60—120') со смазкой незначительным количеством керосина. Полученную смесь равномерно распределяют по притирочной плите, на которую накладывают доводочную плиту. После этого производят притирку этих плит до полной приработки друг к другу.

В процессе притирки перемещение плиты должно происходить в разных направлениях.

После притирки плиты промывают бензином и протирают чистыми, сухими концами.

Проверку плоскостности плит производят лекальной линейкой на просвет.

Доводочные плиты размером  $250 \times 250$  и  $300 \times 300$  мм должны притираться друг к другу, а плиты размером  $100 \times 200$  мм должны притираться к одной плите размером  $200 \times 250$  мм в целях получения одинаковой плоскостности.

При 8-часовой работе на доводочных плитах притирку их производят раз в 2—3 недели.

**Шаржирование доводочных плит.** Шаржирование состоит во втирании зёрен абразива в тело рабочей поверхности плиты для придания этой поверхности режущих свойств. Шаржирование производят электрокорундовым абразивным порошком, смешанным с бензином, с добавлением стеарина и керосина.

Все три доводочные плиты шаржируют различно. На первую плиту наносят более крупный, а на третью плиту — самый тонкий слой абразива. Толщина слоя регулируется количеством смеси, втираемой в плиту. Чем меньше этой смеси, тем тоньше шаржирование.

**Грубое шаржирование.** На плиту наносят небольшой слой стеарина, затем наливают смесь абразивного порошка с бензином и растирают пальцем до полного испарения бензина, после чего наливают несколько капель (4—5) керосина. Всё это смешивают до получения смазки, которую равномерно растирают по всей поверхности плиты. После этого доводочные плиты накладывают

друг на друга и притирают до придания поверхности плиты режущих свойств.

Бензин применяют для обеспечения равномерного распределения абразивного порошка по всей плите. Обычно применяют чистый авиационный бензин.

Предокончателъное шаржирование производят так же, как и грубое шаржирование, за исключением состава смазки: стеарина наносят меньше, керосина наливают не более 3—4 капель.

Окончателъное шаржирование производят аналогично грубому шаржированию, но при ещё меньшем количестве стеарина и керосина (2—3 капли).

Смесь абразивного порошка с бензином рекомендуется хранить в двух банках: в одной — смесь для грубого шаржирования, в другой — для предокончателъного и окончателъного шаржирования.

Для грубого шаржирования применяют электрокорундовый шлифовальный порошок М5 (500'), для предокончателъного — М3 (1000') и окончателъного М2 (2000').

Во всех случаях перед наливаниeм на плиту смесь взбалтывают и дают ей отстояться в течение 10—15 сек.

Процесс шаржирования сохраняет плоскостность, полученную при притирке доводочной плиты.

Желательно для всех трёх доводочных плит получить некоторую выпуклость в пределах до 3—4 мм на длине 200 мм. Эту выпуклость определяют интерференционным стеклом или лекальной линейкой.

Не все чугунные плиты шаржируются одинаково, поэтому рекомендуется, пользуясь методом пробной доводки детали, отбирать из имеющихся плит третьи плиты — чистовые, отделочные.

Шаржирование доводочных плит производят примерно один раз после 8 час. работы. Недостаточно шаржированные или сработанные доводочные плиты вызывают на доводимой поверхности деталей желтизну, подобную прижогу при шлифовании изделий. Появление желтизны нежелательно и является признаком низкого качества доведённой поверхности.

Пригодность плит устанавливается в процессе работы по степени их активности. Для этого применяют несколько пробных приемов доводки. Не следует производить доводку дольше, чем это требуется, во избежание потери активности плит.

Окончательная подготовка доводочных плит. По окончании шаржирования доводочных плит их вытирают и на поверхность наносят незначительное количество бензина при помощи стержня с закреплённой на нем ваткой. Специальным куском ваты бензин растирают на поверхности плиты и на полученной смазке производят доводку.

Доводку производят последовательно на грубой, предокончатальной и окончательной доводочных плитах. Если при пробе доводкой третья плита окажется избыточно активной, то применяют брусок «Арканзас» для растирания. После этого снова смачивают плиту бензином и растирают той же ватой, которой растирают смазку.

Доводочные плиты примерно через 8—10 смачиваний бензином (доводок) покрывают стеарином и смачивают одной-двумя каплями керосина, после чего растирают ватой. Таким способом сохраняется активность поверхности доводочных плит при доводке.

Доводка поверхности ремонтируемых деталей. Перед доводкой ремонтируемую деталь необходимо тщательно промыть в авиационном бензине и насухо вытереть чистым полотенцем.

Если на ремонтируемой поверхности имеются следы износа, забоины, глубокие царапины или коррозия, то необходимо произвести дополнительную подготовку к доводке.

Обнаруженные дефекты заглаживают при помощи бруска «Арканзас», который предварительно правят на чугунной плите абразивным порошком № 100. Брусок лёгким нажимом передвигают по повреждённой поверхности детали.

Если этого недостаточно для устранения имеющихся пороков поверхности детали, нужно произвести предварительную доводку последней на чугунной плите с хорошо шабренной или шлифованной поверхностью. Абразивом служит паста ГОИ 4 µ. После обработки поверхности детали бруском «Арканзас», на плиту для предварительной доводки наносят небольшое количество бензина, пасту ГОИ 4 µ и 4—5 капель керосина. Всё это равномерно растирают куском ваты.

На доводочную плиту кладут ремонтируемую деталь и прижимают её пальцами обеих рук таким образом, чтобы она всеми точками прилегала к поверхности дово-

дочной плиты. Затем деталь лёгким равномерным нажимом притирают на плите.

Если деталь круглая, то лучше в целях ускорения процесса притирку производить смешанными движениями, т. е. возвратно-поступательными и круговыми.

При обработке прямоугольных деталей прибегать к смешанным движениям не рекомендуется во избежание завала углов. В этом случае движения должны быть только возвратно-поступательными и несколько в сторону.

Если исправить поверхность детали вышеописанным способом нельзя, то перед доводкой ремонтируемую поверхность нужно шлифовать.

Если доводка размерная, то следует оставить припуск под окончательную доводку примерно 0,003—0,005 мм.

После устранения неровностей на поверхности детали последнюю равномерным нажимом доводят на первой доводочной плите, после чего операцию переносят на более тонко шаржированные вторую и третью доводочные плиты.

В процессе окончательной доводки деталь нужно перемещать возвратно-поступательными движениями и несколько в сторону.

Метод доводки во всех случаях одинаковый.

В зависимости от требований, предъявляемых к качеству поверхности ремонтируемой детали, можно при доводке ограничиться одной первой плитой или только первой и второй плитами.

Доводку можно также производить на одной плите, заменяющей три доводочных плиты. Для этого плиту прирабатывают бруском «Арканзас» различно по всей поверхности.

Одну часть плиты совсем не прирабатывают, среднюю часть плиты слегка растирают, проводят несколько раз бруском по её поверхности с лёгким нажимом, третью часть плиты растирают несколько больше второй части.

Таким образом активность плиты получается различной на каждом из её участков.

На такой плите с различной активностью каждого участка имеется возможность доводить деталь предвари-тельно, предокончительно и окончательно.

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. А п а р и н Г. А. и Г о р о д е ц к и й И. Е., Допуски и технические измерения, Машгиз, 1946.
  2. А р т а м о н о в П. И., Юстировка оптических измерительных приборов, Оборонгиз, 1939.
  3. Измерительные инструменты в машиностроении, Сборник МОИМ, изд. „Стандарт и рационализация“, сб. I, 1934, сб. II, 1935.
  4. Контроль средств измерения в машиностроении, Сборник инструкций Комитета по делам мер и измерительных приборов при СНК СССР, 1941.
  5. Материалы Научно-исследовательского бюро взаимозаменяемости Министерства станкостроения СССР.
-

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Общие указания . . . . .	5
Основные понятия о ремонте и юстировке оптиметра . . . . .	6
Организация рабочего места . . . . .	7
Трубка оптиметра . . . . .	9
Принцип действия трубки . . . . .	9
Порядок разборки . . . . .	14
Юстировка и ремонт . . . . .	16
Вертикальная стойка . . . . .	29
Порядок разборки . . . . .	31
Юстировка и ремонт . . . . .	31
Горизонтальная стойка . . . . .	37
Порядок разборки . . . . .	38
Юстировка и ремонт . . . . .	42
Компарометр . . . . .	54
Оптическая схема прибора . . . . .	54
Конструкция прибора . . . . .	55
Разборка трубки компарометра . . . . .	58
Ремонт и юстировка компарометра . . . . .	58
Изготовление и ремонт наконечников . . . . .	59
Отмучивание алмазной пыли . . . . .	69
Доводка поверхностей . . . . .	72
<i>Литература . . . . .</i>	<i>78</i>



Техн. редактор *М. П. Косолапова*  
Корректор *А. Н. Шеманова*  
Сдано в произв. 20/I 1948 г.  
Подпис. к печ. 12/V 1948 г.  
А 04952. Тираж 5000 экз.  
Печ. лист. 5. Уч.-изд. л. 4,5  
Бумага 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Зак. 3037.

---

1-я типография Машгиза  
Ленинград, ул. Мойсеенко, 10

### ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
24	11-я сверху	оправкой	оправой	Авт.
36	14-я „	0,010 мм	0,001 мм	„

---

<sup>1</sup> А. В. Эрвайс, Юстировка и ремонт оптиметров, Зак. 3037.

Цена 3 руб.

Машгиз, Москва, Третьяковский проезд, 1