



**микроскоп
измерительный
универсальный**



ОРДЕНА ЛЕНИНА ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

У И М - 23



Ордена Ленина
ЛЕНИНГРАДСКОЕ
ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ

МИКРОСКОП ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
УИМ-23

ИНСТРУКЦИЯ К ПОЛЬЗОВАНИЮ

1965

Уважаемые товарищи!

Просим прислать Ваши отзывы о качестве и надежности конструкции прибора, удобстве работы на нем, о всех недостатках прибора, замеченных Вами при его эксплуатации.

Ваши замечания и предложения помогут дальнейшему улучшению конструкции прибора.

Отзывы просим направлять по адресу: Ленинград, К-44, Чугунная, 20. Ленинградское оптико-механическое объединение.

I. НАЗНАЧЕНИЕ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП УИМ-23 предназначен для измерения линейных и угловых размеров разнообразных изделий в прямоугольных и полярных координатах. В частности, на приборе можно производить измерения всевозможных резьбовых изделий, режущего инструмента, профильных шаблонов и лекал, кулачков, конусов, метчиков, резьбонарезных гребенок и др. С помощью микроскопа можно также производить измерения размеров малых отверстий.

Универсальный измерительный микроскоп широко применяется на заводах машиностроительной промышленности и в научно-исследовательских институтах.

Микроскоп нормально работает в помещении с температурой $20 \pm 2^\circ \text{C}$ и относительной влажностью не более 70%. В помещении не должно быть тряски и вибраций.

II. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ЧАСТЕЙ КОМПЛЕКТА

1. Микроскоп измерительный универсальный УИМ-23.
2. Бабки центровые со скалками.
3. Стол плоский.
4. Кронштейн с корпусом главного микроскопа.

5. Объективы телецентрические МТ-23, МТ-30, МТ-31 и МТ-32.

6. Комплект измерительных ножей.

7. Насадка бинокулярная.

8. Стол СТ-23.

9. Стол приборный.

Кроме того, по особому заказу могут быть изготовлены специальные приспособления:

стол с высокими центрами СТ-2 для установки различных резьбовых изделий с максимальным размером поперечного сечения 250 мм;

стол круглый СТ-26 для измерения углов всевозможных изделий;

бабка измерительная ИБ-25 для угловых измерений изделий, закрепляемых в центрах;

опоры призматические ОП-23 для установки длинных и бесцентровых цилиндрических изделий;

вертикальный оптический длиномер ИЗВ-21 для измерения наружных размеров изделий контактным методом по третьей координате — высоте изделия;

приспособление ИЗО-1 для измерения отверстий контактным методом.

III. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ

Пределы измерения длин:

в продольном направлении 0—200 мм

в поперечном направлении 0—100 мм

Пределы измерения углов 0—360°

Пределы измерения диаметров отверстий бесконтактным методом 0,2—50 мм

Наибольшая глубина измеряемого отверстия 50 мм

Цена деления:

линейных шкал 1 мм

лимба штриховой угломерной головки 1°

Цена наименьшего деления:

шкалы оптического микрометра 0,001 мм

шкалы штриховой угломерной головки 1'

Погрешность прибора при измерении стеклянной штриховой шкалы и диаметров отверстий бесконтактным методом при введении поправок по аттестату шкалы прибора

$$\pm \left(0,001 + \frac{L}{100000} \right) \text{ мм,}$$

где L — измеряемая длина в миллиметрах.

Погрешность измерения проекционным (теневым) методом:

диаметров гладких цилиндров в центрах

$$\pm \left(6 + \frac{L}{67} \right) \text{ МК}$$

$$\text{средних диаметров резьбы} \pm \left(4 + \frac{2}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{L}{67} \right) \text{ МК}$$

$$\text{шага резьбы} \pm \left(1 + \frac{2}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{L}{32} \right) \text{ МК,}$$

где $\frac{\alpha}{2}$ — половина угла профиля резьбы в градусах.

Погрешность измерения методом осевого сечения (с помощью ножей):

диаметров гладких цилиндров в центрах

$$\pm \left(2,7 + \frac{L}{67} \right) \text{ МК}$$

$$\text{средних диаметров резьбы} \pm \left(1 + \frac{1,7}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{L}{67} \right) \text{ мк}$$

$$\text{шага резьбы} \dots \dots \dots \pm \left(1 + \frac{1,7}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{L}{67} \right) \text{ мк}$$

Габаритные размеры прибора . 1150×1150×1500 мм
 Вес прибора 541 кг

IV. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА

Универсальный микроскоп УИМ-23 представляет собой измерительный визирный прибор с отсчетными устройствами проекционного типа.

Измерительные каретки прибора могут перемещаться в горизонтальной плоскости в двух взаимно-перпендикулярных направлениях (продольном и поперечном). На каретке продольного хода устанавливается измеряемое изделие, на каретке поперечного хода смонтирована визирная система прибора.

В процессе измерения наблюдают изображение измеряемого изделия на экране проектора или в поле зрения бинокулярной насадки и соответствующими перемещениями измерительных кареток производят наводку штриховых линий сетки визирной системы.

Отсчеты величин перемещения кареток в продольном и поперечном направлениях снимают по наблюдаемым на экране изображениям продольной и поперечной шкал.

Измерения на универсальном измерительном микроскопе можно производить проекционным (теневым) ме-

тодом и методом осевого сечения (с помощью измерительных ножей).

При измерении проекционным методом на экране проектора наблюдают контуры измеряемого изделия (при нижнем освещении) или в поле зрения бинокулярной насадки наблюдают поверхность измеряемого изделия (при верхнем освещении).

При измерении методом осевого сечения к изделию вплотную придвигают измерительные ножи с тонкой рисккой, параллельной лезвию ножа. Наводка штриховой линии сетки визирной системы производится на риску ножа, а не на контур изделия. Поверхность ножа с рисккой определяет плоскость измерения (для тел вращения она устанавливается по осевому сечению).

Для освещения ножа на объектив микроскопа устанавливают специальную насадку с полупрозрачной пластинкой, благодаря которой часть идущих снизу в объектив лучей отражается и освещает нож с рисккой сверху.

Оптическая схема прибора состоит из четырех систем: визирной, отсчетных проекционных продольного и поперечного хода и угловой отсчетной проекционной.

Схема оптики визирной системы показана на рис. 1. Свет от лампы 1 через линзы конденсора 2 и сменную систему 3, 4 или 5 линз с зеркалом освещает измеряемое изделие и направляется в объектив визирной системы. В зависимости от условий измерения устанавливают один из сменных объективов 6, 7, 8 или 9 с увеличением соответственно 1; 1,5; 3 и 5^x. Изображение измеряемого изделия через призму 10 и защитные стекла 11 проектируется в плоскость стеклянной пластинки 12 со штриховыми линиями, которая с помощью маховичка может поворачиваться на 360°. Системой, состоящей из коллектива 13, проекционного объектива 14, зеркал 15 и 16, изоб-

ражения измеряемого изделия и штриховой пластинки проектируются на экран 17.

В визирной системе прибора предусмотрено оптическое устройство для измерения диаметров малых отверстий бесконтактным методом. При измерении диаметров отверстий свет от лампы 1 проходит линзы конденсора 2 и системой 18, состоящей из сетки (светлое перекрестие на темном фоне), зеркала и объектива, направляется на образующую измеряемого отверстия, отражается от нее и направляется в объектив визирной системы. Изображение перекрестия разделяется призмой 19 двойного изображения, которую при измерении малых отверстий переключают на место призмы 10, окрашивается посредством фильтров в два цвета (голубой и оранжевый) и проектируется в плоскость стеклянной пластинки 12 со штриховыми линиями.

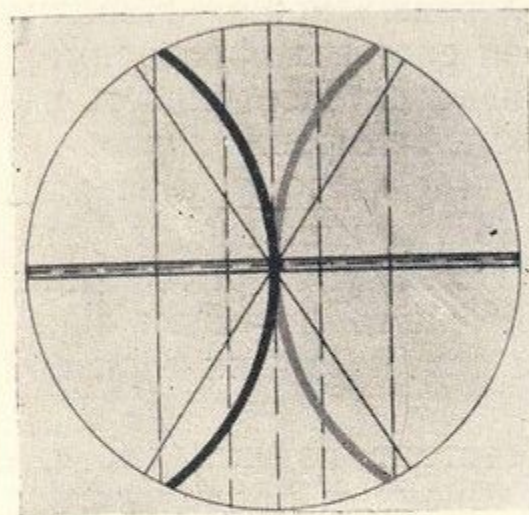


Рис. 2

Поле зрения визирной системы при измерении диаметра отверстия цилиндра показано на рис. 2.

При измерениях в отраженном свете или с малыми осветительными диафрагмами вместо проекционной насадки, состоящей из объектива 14 (рис. 1), зеркал 15, 16 и экрана 17, устанавливают бинокулярную насадку, схема которой показана на рис. 3. Свет от коллектива 13 проходит систему, состоящую из линзы 20, зеркала 21, призмы 22, линзы 23, призмы 24, линзы 25, и разделяется на два пучка призмой 26. Один пучок лучей пре-

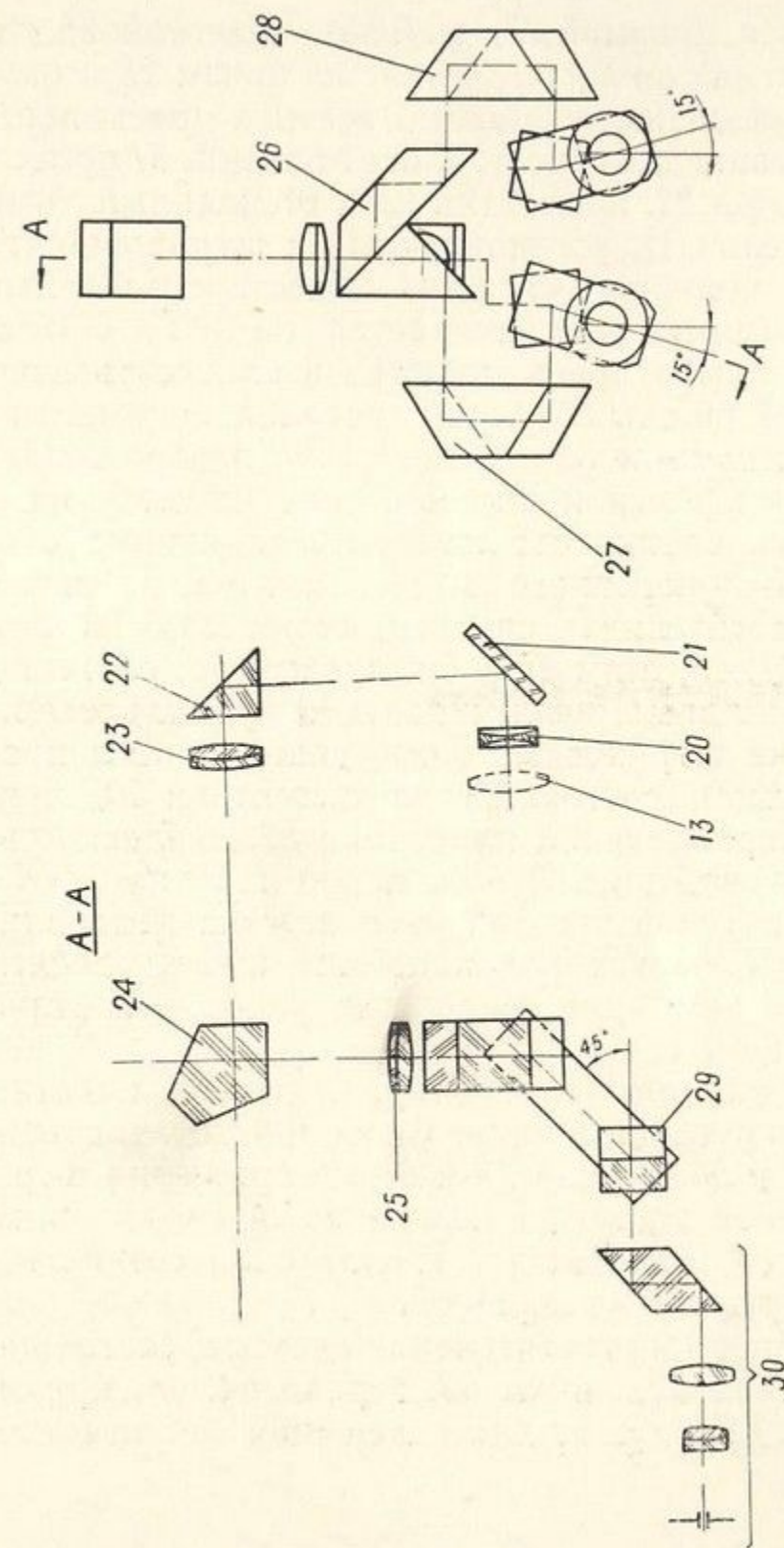


Рис. 3

ломляется призмой 27, другой — призмой 28, и оба пучка проходят системы, состоящие из призм 29 и окуляров 30.

Схема оптики угловой отсчетной проекционной системы показана на рис. 1. Свет от лампы 31 проходит линзы конденсора 32, коллектив 33 и стеклянный лимб 34 с ценой деления 1° , установленный в штриховой угломерной головке визирной системы. Вместе со штриховой пластинкой лимб поворачивается на 360° . Объективом 35 штрихи лимба проектируются в плоскость неподвижной минутной шкалы 36; затем системой, состоящей из объектива 37, призмы 38 и зеркала 39, изображения штрихов лимба и минутной шкалы проектируются на экран 40.

Схема оптики отсчетных проекционных систем продольного поперечного хода показана на рис. 4. Лампа 41 и осветительная система, состоящая из линз 42, 43, призм 44, 45, линз 46, 47 и призмы 48, служат для освещения миллиметровой шкалы 49 продольного хода. Изображение штрихов миллиметровой шкалы проектируется системой, состоящей из объектива 50, призмы 51 и плоскопараллельной пластинки 52, в плоскость подвижной круговой шкалы 53 с ценой деления 0,001 мм. Рядом с круговой шкалой расположена неподвижная пластинка 54, на которой нанесены шкала десятых долей миллиметра в виде двойных штрихов, масштабная сетка и индекс.

При наклоне плоскопараллельной пластинки вращается круговая шкала. Системой установленных далее линз 55 и 56, зеркал 57 и 58 изображения штрихов миллиметровой шкалы, а также изображения шкалы десятых долей миллиметра, масштабной сетки и индекса проектируются на экран 59.

Лампа 60 и осветительная система, состоящая из линз 61, зеркала 62, линзы 63, зеркал 64, 65, призм 66, 67 и линз 68, 69, служат для освещения миллиметровой шка-

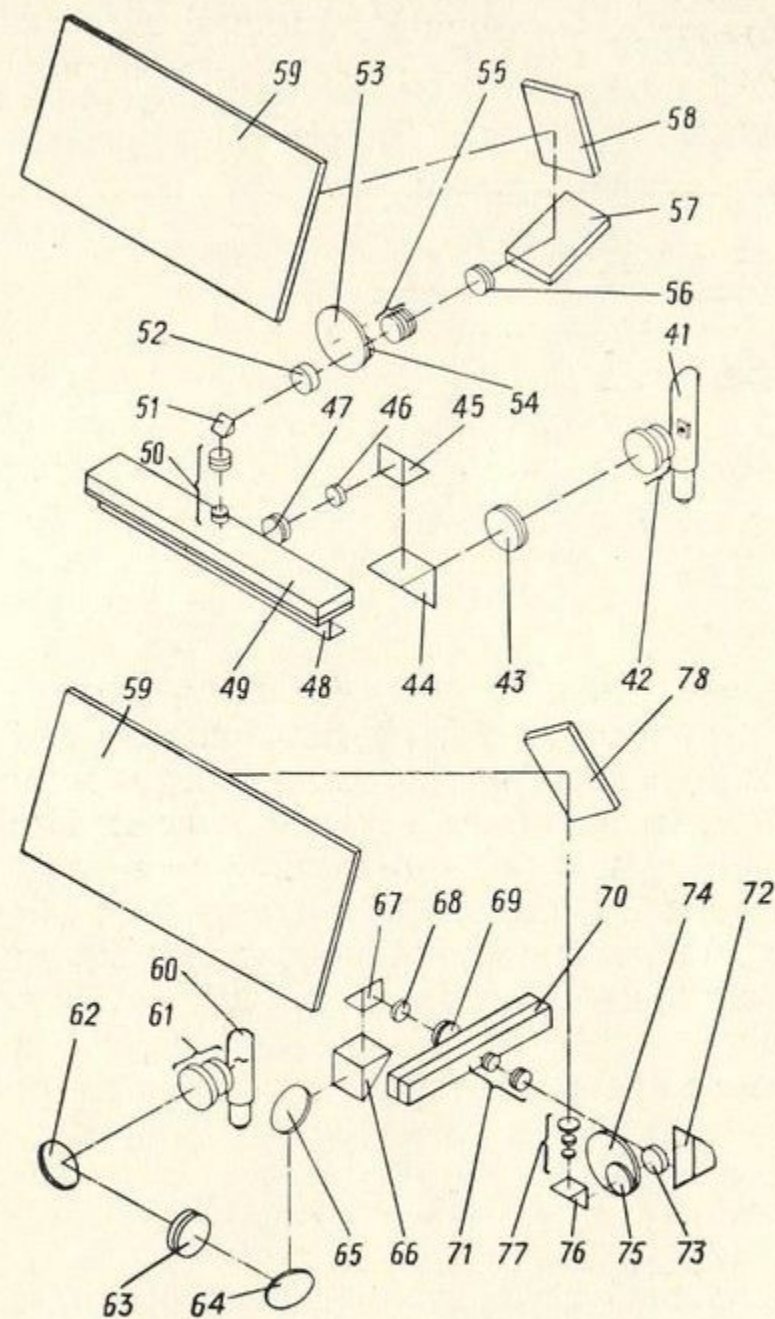


Рис. 4

лы 70 поперечного хода. Изображение штрихов миллиметровой шкалы проектируется далее системой, состоящей из объектива 71, призмы 72 и плоскопараллельной пластинки 73, в плоскость подвижной круговой шкалы 74 с ценой деления 0,001 мм. Рядом с круговой шкалой

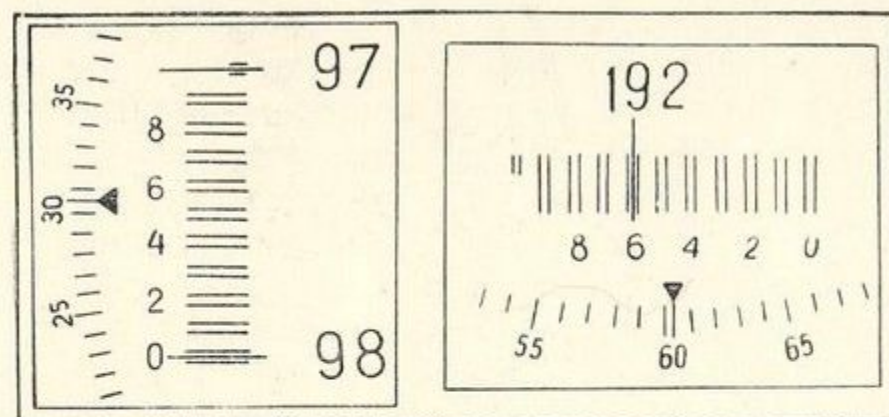


Рис. 5

расположен коллектив 75, на поверхности которого нанесены шкала десятых долей миллиметра в виде двойных штрихов, масштабная сетка и индекс. При наклоне плоскопараллельной пластинки вращается круговая шкала. Системой, состоящей из призмы 76, объектива 77 и зеркала 78, изображения штрихов миллиметровой шкалы, а также изображения шкалы десятых долей миллиметра, масштабной сетки и индекса проектируются на экран 59, поле зрения которого показано на рис. 5.

V. КОНСТРУКЦИЯ

Универсальный измерительный микроскоп состоит из следующих основных частей: основания, кареток продольного и поперечного хода, визирной системы, колонки и осветительного устройства.

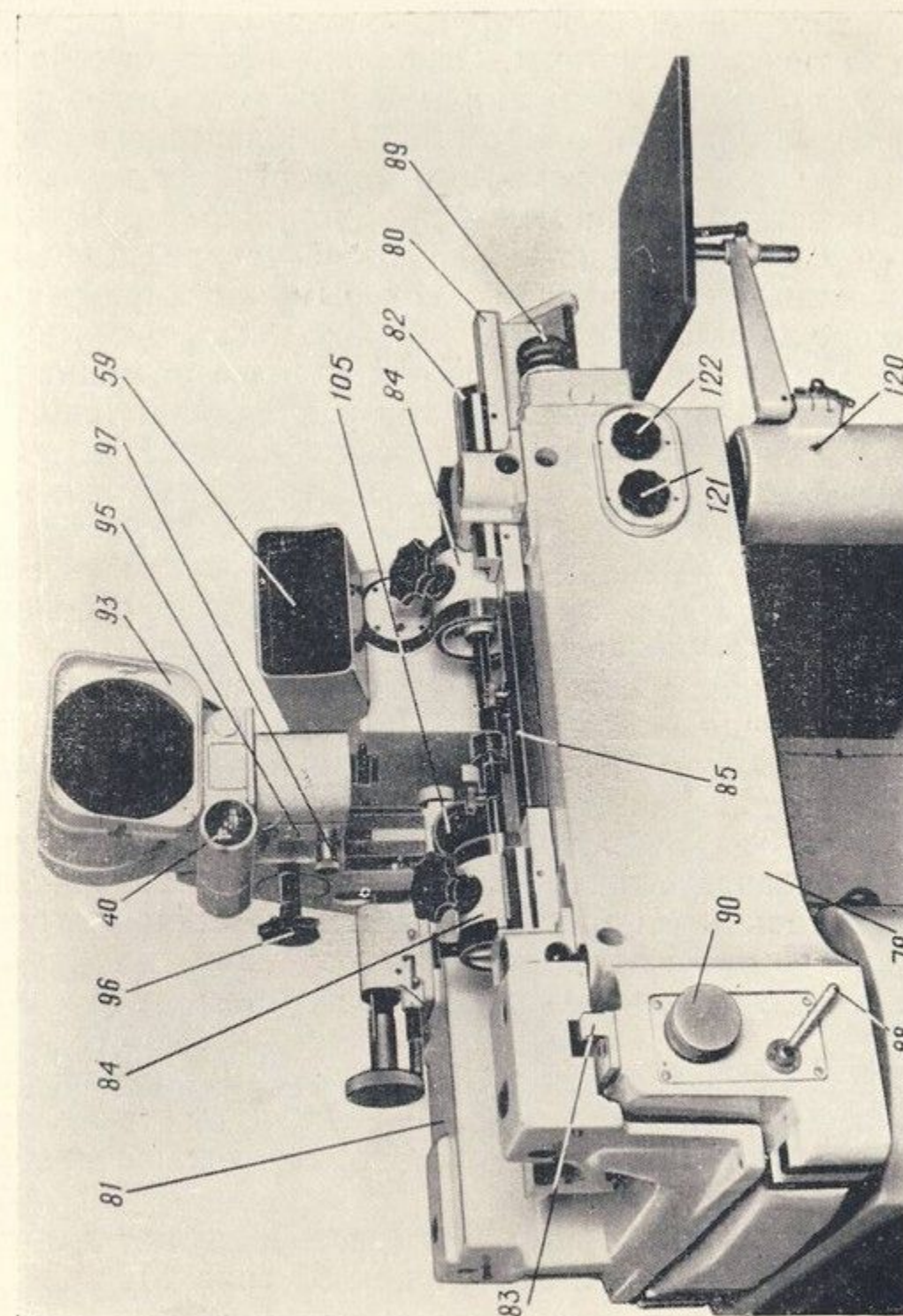


Рис. 6

Основание 79 (рис. 6) представляет собой литой корпус, внутри которого расположены основные части оптической системы. Основание несет на себе каретку 80 продольного хода, на которую устанавливаются измеряемые изделия, и каретку 81 поперечного хода. Вместе с кареткой поперечного хода перемещаются визирная система и осветительное устройство. Направляющие 82 и 83 представляют собой твердозакаленные полированные угольники, по которым катаются точные шарикоподшипники кареток.

Каретка продольного хода имеет цилиндрическое направляющее ложе, в которое вставляются центровые бабки 84. Опорные плоскости 85 служат для установки приспособлений: плоского и круглого стола, планок для ножей и др.

Каретка поперечного хода несет на себе колонку 86 (рис. 7), центральное осветительное устройство и оправу шкалы поперечного хода.

На каждой каретке имеется стеклянная шкала для отсчета величины перемещения в продольном и поперечном направлениях. Для закрепления кареток в определенном положении служат тормозные рукоятки 87 и 88 (рис. 6). При отжатых винтах каретки можно легко передвигать вдоль направляющих. Точная подача кареток производится с помощью микрометрических винтов 89 (в продольном направлении) и 90 (в поперечном направлении) при закрепленных тормозных винтах.

Положение кареток отсчитывается по шкалам продольного и поперечного хода, изображения которых проектируются на матовое стекло экрана 59, смонтированного на основании.

Три установочных винта 91 (рис. 7) служат для выверки прибора по круглому уровню 92 (рис. 8).

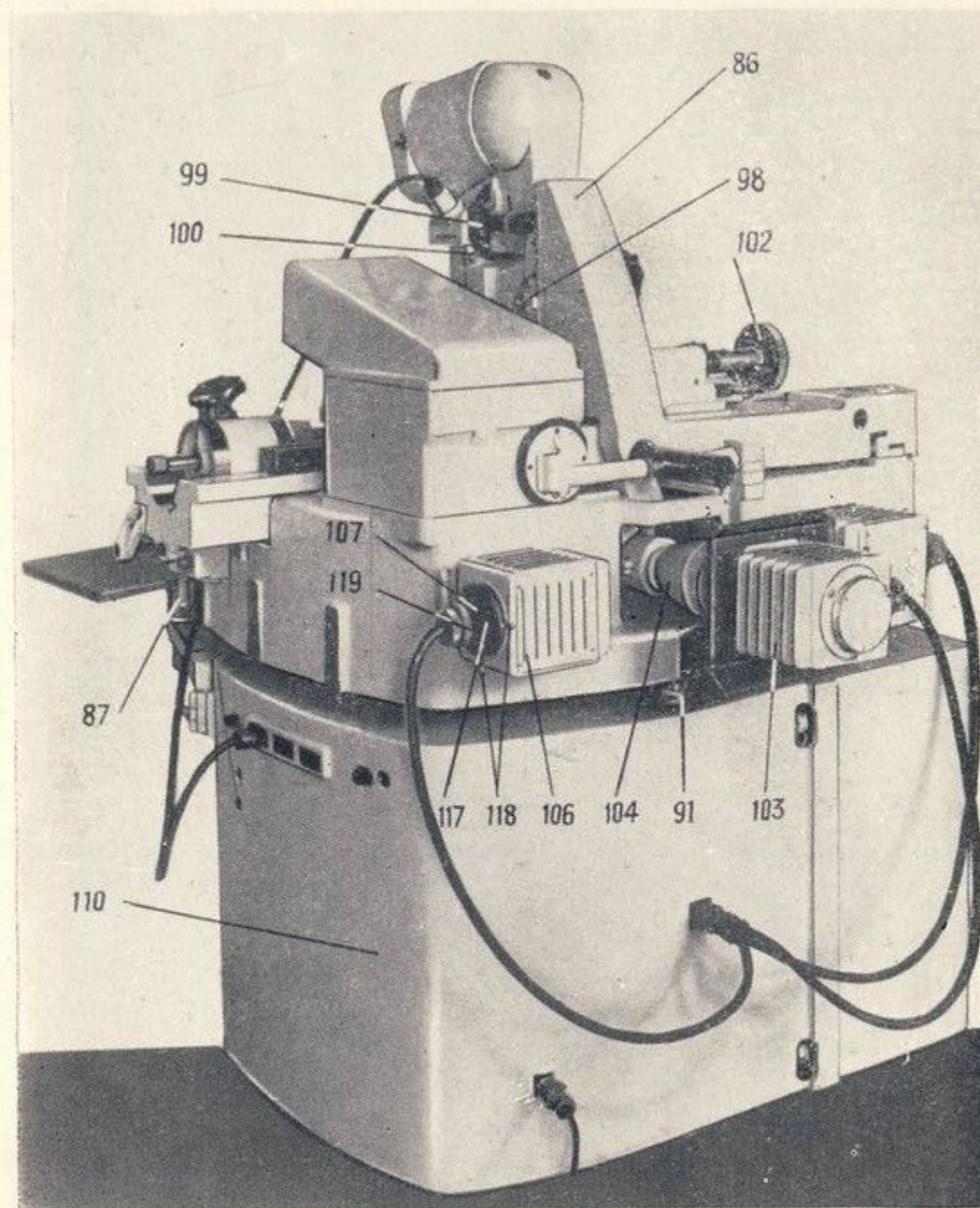


Рис. 7

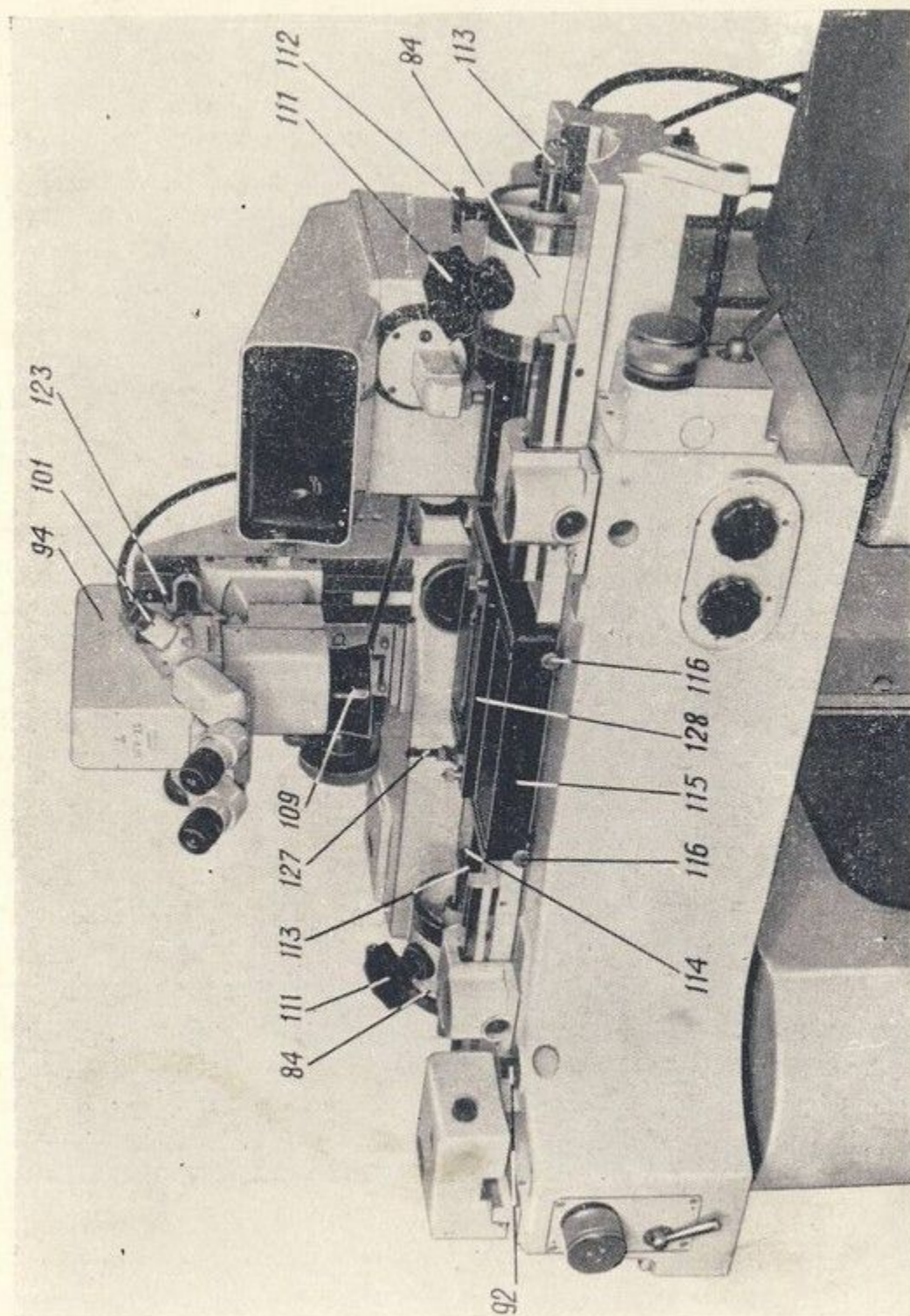


Рис. 8

Визирная система состоит из микроскопа и сменных насадок. Проекционная насадка 93 (рис. 6) и бинокулярная насадка 94 (рис. 8) являются важнейшими частями прибора и вместе со штриховой угломерной головкой служат для точной наводки на измеряемое изделие. Бинокулярной насадкой пользуются при измерениях в отраженном свете, а также при измерении с помощью ножей (методом осевого сечения).

Визирная система вместе с кронштейном 95 (рис. 6) перемещается по высоте вдоль направляющих колонки: грубое перемещение производится вращением маховика 96, точное — вращением микрометрического винта 97; кронштейн закрепляется в любом положении винтом 98 (рис. 7). Величину перемещения визирной системы при точной фокусировке можно отсчитывать по шкале микрометрического винта. Шкалой иногда пользуются для грубых измерений высоты изделий до 4 мм, при точных работах шкалой пользоваться не рекомендуется.

В верхней части тубуса визирной системы установлена штриховая угломерная головка 99, в корпусе которой помещена стеклянная пластинка со штриховыми линиями, видимыми на экране проектора. Штриховые линии служат для наводки на контур измеряемого изделия. Пластинку можно поворачивать на 360° маховичком 100; вместе с пластинкой поворачивается градусный лимб, изображение штрихов которого можно наблюдать на отсчетном экране 40 (рис. 6) одновременно с изображением минутной шкалы.

Угломерная головка отъюстирована так, что при отсчете по лимбу $0^\circ 00' 00''$ горизонтальная штриховая линия сетки головки совпадает с направлением движения каретки продольного хода.

Для освещения поля зрения углового отсчетного экрана служит осветитель 101 (рис. 8).

Колонка 86 (рис. 7) смонтирована на каретке поперечного хода и может наклоняться вместе с проектором в обе стороны от вертикального положения на угол $\pm 12^\circ 30'$ посредством маховика 102. Ось вращения колонки точно пересекает линию центров центровых бабок, благодаря чему такие наклоны не вносят грубых погрешностей в измерения. В вертикальном положении колонку удерживает пружинный фиксатор.

Осветительное устройство визирной системы смонтировано на колонке снизу. Свет от лампы проходит через конденсор, заключенный в кожух 103, направляется в тубус 104 осветительного устройства, отклоняется зеркалом вверх и попадает в объектив визирной системы. На конце тубуса осветительной системы, расположенном под объективом визирной системы, устанавливаются съемные осветительные насадки: одна с надписью «1^x» — при работе с объективом 1^x, другая с надписью «1,5^x» — при работе с объективом 1,5^x, третья с надписью «3^x и 5^x» — при работе с соответствующими объективами и четвертая с надписью «П» — при работе с оптическим приспособлением для измерения диаметров отверстий.

Смену осветительных насадок следует производить осторожно через отверстие в основании прибора, незначительный перекося может затруднить их установку.

Для получения требуемой освещенности поля зрения визирной системы на верхнюю линзу осветительной насадки надевают дымчатый или зеленый светофильтр.

Ирисовая диафрагма применяется для регулировки резкости изображения при точных измерениях. Для уста-

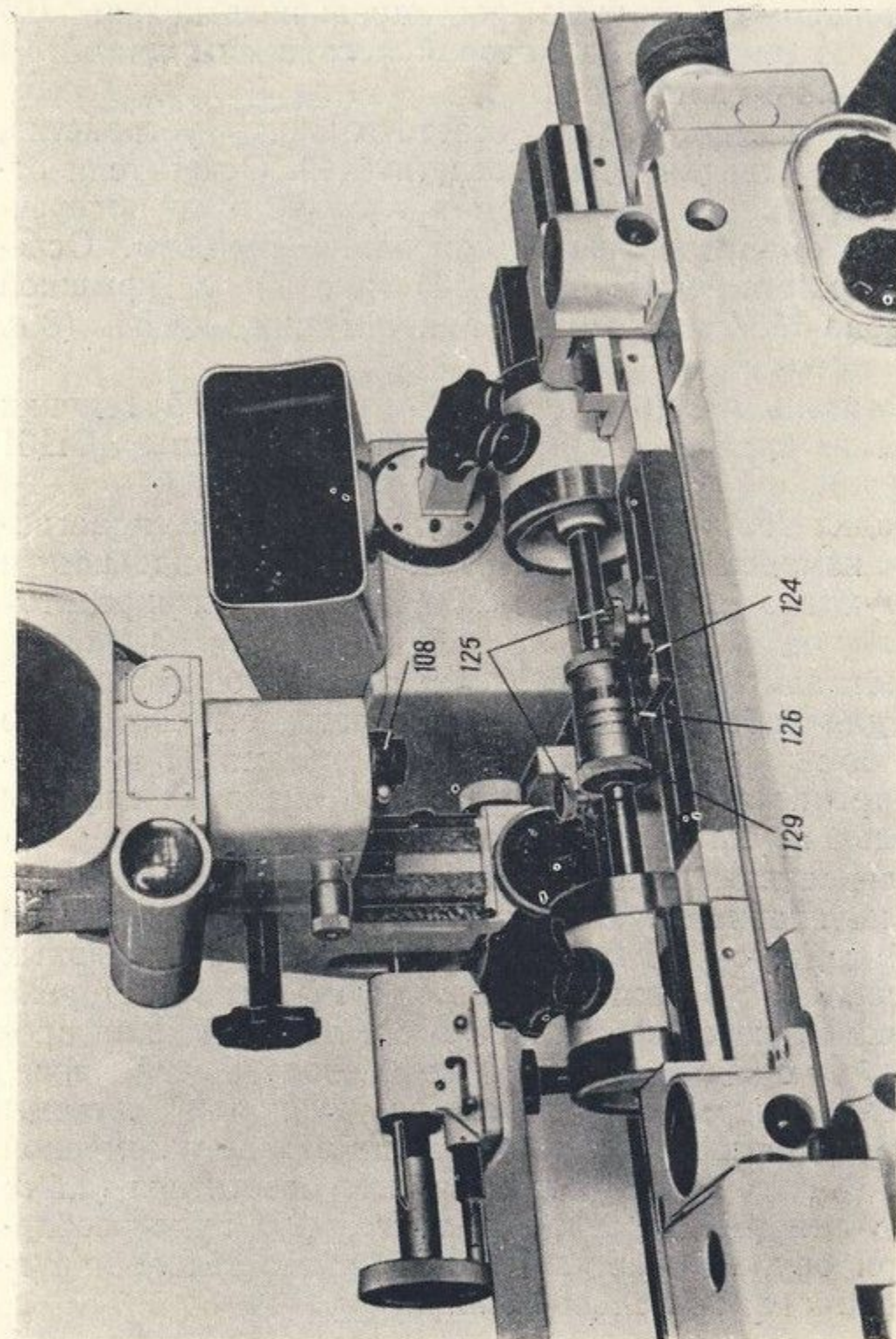


Рис. 9

новки диафрагмы служит регулировочное кольцо 105 (рис. 6) со шкалой, на которой обозначены диаметры диафрагмы в миллиметрах.

Кроме центрального осветительного устройства, имеется ряд дополнительных осветителей. Осветители отсчетных проекционных систем продольного и поперечного хода смонтированы на основании прибора. Осветители состоят из кожуха 106 (рис. 7) с крышкой и патрона 107 с лампой накаливания К8-55 (8 в, 55 вт).

Осветитель 101 (рис. 8) лимба угломерной головки состоит из патрона со шнуром и лампы СЦ61 (8 в, 20 вт).

Насадка 108 (рис. 9) с полупрозрачной пластинкой для измерения методом осевого сечения надевается на наружную часть оправы объектива и крепится винтом.

Осветитель 109 (рис. 8) верхнего освещения предназначен для работы в отраженном свете; он состоит из оправы со шнуром и вилкой и четырех ламп 2,5 в. Осветитель крепится на кольцо объектива визирной системы с помощью пружинного замка.

Универсальный измерительный микроскоп устанавливается на специальную подставку 110 (рис. 7), внутри которой имеются полки для хранения дополнительных приспособлений и принадлежностей. На правой стороне подставки имеются выключатели осветителей шкал продольного и поперечного хода, выключатель сети, переключатель напряжения на лампе визирной системы (6, 7 и 8 в), штепсели для включения лампы угломерной головки (8 в, 20 вт), насадки верхнего осветителя (2,5 в; 0,45 а), ламп (6 в, 30 вт), дополнительных приспособлений к прибору, а также для включения осветителей круглого стола и измерительной бабки.

VI. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

Универсальный измерительный микроскоп и принадлежности транспортируются в деревянных ящиках.

Сначала нужно распаковать ящик с подставкой. Для этого отвернуть шурупы с крышки ящика, снять крышку и вынуть подставку, установить ее на подготовленное место, после чего приступить к распаковке ящика с прибором. Отвернуть шурупы с крышки, снять ее; затем отвернуть шурупы с боковых стенок и угольников, крепящих боковые стенки, и откинуть боковые стенки, связанные петлями с дном ящика; снять защитный чехол и отвернуть три гайки с болтов, крепящих прибор к основанию ящика.

Взяв прибор за подъемные штанги, установить его на подставку. При распаковке категорически воспрещается переносить прибор за тубус осветительной системы во избежание его поломки.

Опустить каретки прибора, которые в целях сохранности при транспортировке приподняты над направляющими с помощью пяти скоб, окрашенных в красный цвет. Для этого с направляющих снять бумагу и удалить смазку, снять скобы и отвернуть винты с красными головками строго в следующем порядке:

1. Отвернуть винты «6» и «7», расположенные в двух скобах, крепящих каретку продольного хода.

2. Равномерно и постепенно вывернуть болты «10» и «11» так, чтобы стол осторожно опустился на направляющие.

3. Вывернуть болты, крепящие скобы на основании прибора, и снять скобы.

4. Отвернуть винты «12» и «8», расположенные на трех скобах, крепящих каретку поперечного хода.

5. Отвернуть винты «2» и «4».

6. Вывернуть четыре болта «16», затем, равномерно и постепенно вывинчивая винты «1», «3» и болт «5», осторожно опустить каретку на направляющие.

7. Вывернуть болты, крепящие скобы к основанию, и снять скобы.

8. Вывернуть все оставшиеся винты с красными головками из коробок подшипников и привязать их к соответствующим красным скобам.

После удаления предохранительных красных скоб прибор нельзя ни поднимать, ни передвигать.

Очистить все механические части от смазки. Направляющие особо тщательно промыть чистым бензином, проложить чистую плотную бумагу между направляющими и подшипниками, передвинуть каретки несколько раз из конца в конец так, чтобы на направляющих не осталось следов бензина и смазки. Затем удалить бумагу с направляющих и слегка смазать жидкой смазкой.

Закончив чистку, вынуть из ящика с принадлежностями кронштейн с микроскопом и вдвигать его в паз типа «ласточкин хвост» на колонке прибора до тех пор, пока при вращении маховика зубчатая рейка не войдет в зацепление с трибкой. Затем вынуть требуемую визирную насадку, установить ее на тубус микроскопа и зажать винтом.

Снятые скобы, винты, болты и деревянные колодки следует хранить в упаковочном ящике прибора на случай дальнейшего транспортирования. Если ящик почему-либо не сохранился, то красные скобы и винты нужно хранить возле прибора, так как только их применение гарантирует прибор от повреждений при переноске.

Установку прибора в рабочее положение производят в следующем порядке.

Прежде всего прибор выверяют по горизонту с помощью круглого уровня 92 (рис. 8) и установочных винтов 91 (рис. 7), затем устанавливают центровые бабки 84 (рис. 8). Для этого отвинчивают большие фасонные рукоятки 111 и помещают центровые бабки в направляющее цилиндрическое ложе продольной каретки таким образом, чтобы Т-образная шпонка бабки вошла в Т-образный паз каретки. Передвинув бабки вдоль каретки в требуемое положение, закрепляют рукоятки 111. Зажимные винты 112 предназначены для закрепления скалок 113, несущих центра 114.

Примечание. Если скалка окажется вынутой совсем, то не всегда удастся легко вставить ее обратно — может помешать опустившаяся внутрь втулки поджимная колодка. В этом случае нужно снять бабку с направляющих, перевернуть фасонной рукояткой вниз и, встряхнув бабку в таком положении, вставить скалку на место.

Если для установки измеряемого изделия понадобится плоский стол 115, то, прежде чем его устанавливать, необходимо тщательно протереть нижние установочные площадки, которыми стол опирается на опорную плоскость каретки продольного хода.

Стол устанавливают на опорную плоскость каретки продольного хода регулировочными винтами 116 к себе, как показано на рисунке; при этом винты немного вывинчивают, а затем подворачивают до начала действия буфера. Так как эти винты служат для выверки положения измеряемого изделия при небольших разворотах стола, то затягивать их до отказа нельзя.

Включают прибор в сеть через трансформатор, расположенный в подставке прибора. Трансформатор прибора включен на 220 в, но при необходимости его можно переключить на 127 в; для этого следует, отвернув винты и сняв верхнюю крышку, расположить обе перемычки под клеммами «2—3» (рис. 10), «4—5». Если при измерении

пользуются бинокулярной насадкой, то переключатель напряжения на лампе визирной системы устанавливают на 6 в. При работе с малыми осветительными диафрагмами в случае недостаточной освещенности экрана переключатель устанавливают на 8 в (однако при этом значительно сокращается срок службы лампы).

После включения прибора в сеть включают осветители требуемых отсчетных устройств и проверяют равно-

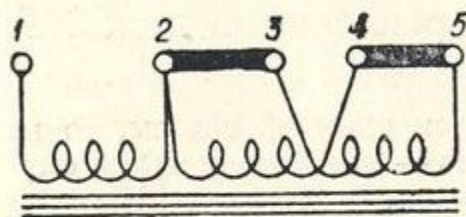


Рис. 10

мерность освещенности шкал и визирной системы на экране. Если освещенность неравномерна или наблюдается окрашенность поля, необходимо отрегулировать патрон с лампой, перемещая его от руки вдоль оси при открепленном винте 117 (рис. 7) и в направлении, перпендикулярном к оси,

с помощью регулировочных винтов 118. Для замены ламп нужно отвернуть винт 117 и гайку 119 и вынуть патрон с лампой; вывернув лампу, заменить ее новой, после чего установить патрон на прежнее место. При замене ламп необходимо каждый раз производить регулировку освещения экрана.

Для зажигания лампы угломерной головки служит выключатель 120 (рис. 6).

VII. РАБОТА НА ПРИБОРЕ

1. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение на универсальном микроскопе можно производить проекционным (теневым) методом и методом осевого сечения.

При измерении проекционным методом в проходящем свете помещают изделие на плоский стол или укрепляют в центрах на пути световых лучей, идущих из центрального осветителя.

Если изделие непрозрачно, то при наблюдении на экране визирной системы видно теневое изображение изделия. Для визирования по краю тени в плоскости изображения имеется сетка, состоящая из нескольких штриховых линий.

При измерении методом осевого сечения к изделию вплотную придвигают измерительные ножи с тонкими рисками, нанесенными параллельно лезвию ножа. Поверхность ножа с риской определяет плоскость измерения (для тел вращения эта плоскость будет осевым сечением). При этом методе наводка штриховых линий сетки производится не по теневому контуру изделия, а по риске и лезвию ножа.

Методом осевого сечения можно измерять как плоские, так и цилиндрические изделия.

Применение измерительных ножей требует установки специального осветительного приспособления, представляющего собой насадку с полупрозрачной пластинкой. Благодаря применению такой пластинки часть лучей, идущих из центрального осветительного устройства в объектив, отражается и освещает поверхность ножа с риской, наблюдаемой в поле зрения визирной системы. Наблюдение контура измеряемого изделия и наводку на риску ножа производят с помощью бинокулярной насадки, устанавливаемой вместо проекционной насадки. При измерении в отраженном свете изделие освещается сверху осветителем, центральное освещение выключают, наводку на измеряемое изделие производят также с помощью бинокулярной насадки.

2. РАБОТА ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

Чтобы достичь наибольшей точности измерений, необходимо ознакомиться с особенностями устройства некоторых узлов прибора, научиться правильно производить наводку штриховых линий сетки на измеряемое изделие и установку изображения на резкость, а также пользоваться оптическими микрометрами.

Установка диафрагм

Для установки осветительных диафрагм служит регулировочное кольцо 105 со шкалой, на которой обозначены диаметры диафрагм в миллиметрах. Чтобы исключить ошибку мертвого хода, нужно устанавливать кольцо всегда против часовой стрелки.

Таблица наивыгоднейших диаметров диафрагмы

Наружный диаметр гладких цилиндров или средний диаметр резьбы, мм	Диаметр диафрагмы, мм			
	Гладкие цилиндры		Резьбовые изделия с углом профиля резьбы 60°	
	Для увеличения 30х	Для увеличения 10 и 15х	Для увеличения 30х	Для увеличения 10 и 15х
5	11,9	—	9,5	15,9
10	9,5	15,9	7,5	12,6
15	8,2	13,9	6,6	11,0
20	7,5	12,6	6,0	10,0
25	7,0	11,7	5,5	9,3
30	6,6	11,0	5,3	8,8

Продолжение

Наружный диаметр гладких цилиндров или средний диаметр резьбы, мм	Диаметр диафрагмы, мм			
	Гладкие цилиндры		Резьбовые изделия с углом профиля резьбы 60°	
	Для увеличения 30х	Для увеличения 10 и 15х	Для увеличения 30х	Для увеличения 10 и 15х
35	6,2	10,4	4,9	8,3
40	6,0	10,0	4,7	8,0
45	5,7	9,6	4,5	7,6
50	5,6	9,3	4,4	7,4
55	5,4	9,0	4,3	7,2
60	5,2	8,7	4,1	7,0
65	5,1	8,5	4,0	6,8
70	4,9	8,3	3,9	6,5
80	4,7	8,0	3,8	6,3
90	4,5	7,6	3,6	6,0
100	4,4	7,4	3,5	5,9
120	4,1	7,0	3,3	5,5
140	3,9	6,6	3,1	5,2
160	3,8	6,4	3,0	5,0
180	3,6	6,1	2,9	4,8
200	3,5	5,9	2,7	4,6

При измерении цилиндрических изделий проекционным (теневым) методом необходимо руководствоваться таблицей наивыгоднейших диаметров диафрагмы в зависимости от диаметров изделий и углов профиля резьбы и

выбирать соответствующее значение диаметра диафрагмы: для гладких цилиндров — по наружному диаметру, для резьб — по среднему диаметру профиля. Этим условием нельзя пренебрегать, так как размер диафрагмы в значительной степени влияет на результат измерения.

Отсчеты по лимбу угломерной головки

На экране 40 одновременно можно наблюдать изображения штрихов лимба и двусторонней минутной шкалы с делениями от 0 до 60. Деления справа обозначают четное число минут, деления слева — нечетное число минут.

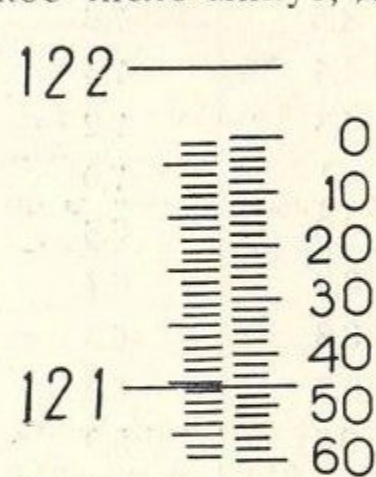


Рис. 11

Индексом для отсчета служит нулевой штрих минутной шкалы. На рис. 11 градусный штрих «121» прошел нулевой штрих минутной шкалы (при вращении лимба по часовой стрелке), а ближайший больший штрих «122» еще не дошел до нулевого штриха минутной шкалы. Отсчет будет 121° плюс отрезок от штриха «121» до нулевого штриха минутной шкалы. В этом отрезке число минут будет соответствовать количеству пройденных штрихов минутной шкалы — в данном случае 46. Доли минуты оцениваются на глаз. Следовательно, окончательный отсчет будет 121°46'00".

Пользование измерительными каретками

Измерительные каретки имеют тормоза: рукоятка 87 (рис. 7) закрепляет каретку 80 (рис. 6) продольного хода, рукоятка 88 — каретку 81 поперечного хода. При

отжатых рукоятках можно легко передвинуть каретки от руки вдоль направляющих 82 и 83. Это перемещение используется для предварительного, грубого подведения измеряемого участка изделия под объектив визирной системы.

Точную наводку производят микрометрическими винтами 89 (в продольном направлении) и 90 (в поперечном направлении) при зажатых рукоятках 87 (рис. 7) и 88 (рис. 6).

При работе на приборе нельзя опираться руками на каретки.

Отсчеты по шкалам на экране

На отсчетном экране 59 одновременно можно наблюдать изображения штрихов миллиметровых шкал продольного и поперечного хода, шкал десятых долей миллиметра, круговых вращающихся шкал и неподвижных индексов.

Отсчеты по миллиметровым шкалам производят с помощью оптических микрометров.

Изображения штрихов миллиметровых шкал на экране отсчетного проекционного устройства (рис. 5) обозначены крупными цифрами, например «192» — на шкале продольного хода и «97», «98» — на шкале поперечного хода. Индексом для отсчета целых миллиметров служат нулевые биссекторы шкал десятых долей миллиметра. На рисунке штрих «192» прошел нулевой биссектор, а ближайший больший штрих еще не дошел до него. Отсчет равен 192 мм плюс отрезок от штриха «192» до нулевого биссектора. В этом отрезке число десятых долей миллиметра будет обозначено цифрой последнего пройденного штрихом биссектора сетки десятых долей миллиметра.

Чтобы произвести отсчет по шкалам оптического микрометра, необходимо маховичком 121 (рис. 6) или 122 установить изображение миллиметрового штриха точно посередине между линиями ближайшего младшего двойного штриха шкалы десятых долей миллиметра, при этом переместится круговая микронная шкала. По числу делений шкалы, пройденных миллиметровым штрихом от нуля, производят отсчет десятых долей миллиметра. Сотые и тысячные доли миллиметра отсчитывают по круговым шкалам относительно неподвижных индексов. По пройденной части деления круговой шкалы относительно индекса оценивают на глаз десятитысячные доли миллиметра.

На рис. 5 показаны следующие отсчеты по шкалам: по шкале продольного хода 192,6603 мм, по шкале поперечного хода 98,0305 мм.

К прибору прилагаются аттестаты шкал кареток продольного и поперечного хода, дающие поправки на неточность делений шкал, которые вводятся при особо точных измерениях.

Наводка штриховых линий сетки на край теневого изображения

Прежде чем приступить к точным измерениям, работающий на приборе должен научиться производить наводку штриховых линий сетки угломерной головки на контур теневого изображения. Для этого необходимо тренироваться в наводке штрихов на край теневого изображения и снятии отсчетов по оптическому микрометру. Тренировку можно производить по плиткам или по гладким цилиндрическим калибрам.

На рис. 12 приведены примеры неправильной наводки (а и б) и правильной наводки (в); жирными штрихо-

выми линиями обозначены линии сетки угломерной головки, сплошными линиями (в виде прямоугольника) обозначен контур изделия.

Наводка штриховой линии на край теневого изображения изделия будет правильной, если половина толщины штриха наложится на теневое изображение, а другая половина будет выступать на светлом фоне, т. е. ось штриховой линии сетки совместится с краем теневого изображения.

Если производить наводку на контур теневого изображения, как показано на рис. 12а, то полученный результат измерения будет больше действительного размера, а при наводке штриховых линий, как показано на рис. 12б, результат будет меньше действительного размера. Погрешность при неправильной наводке может достигать значительной величины, так как толщина штрихов пунктирной линии сетки равна 8 мк.

Наводку штриховой линии сетки на штрих ножа нужно производить так, чтобы оси линии и штриха совпали.

Фокусировка визирной системы

При измерении плоских изделий проекционным методом сначала подводят от руки один край изделия так, чтобы перекрылась часть круглого светового пятна на стекле стола. В поле зрения визирной системы бу-

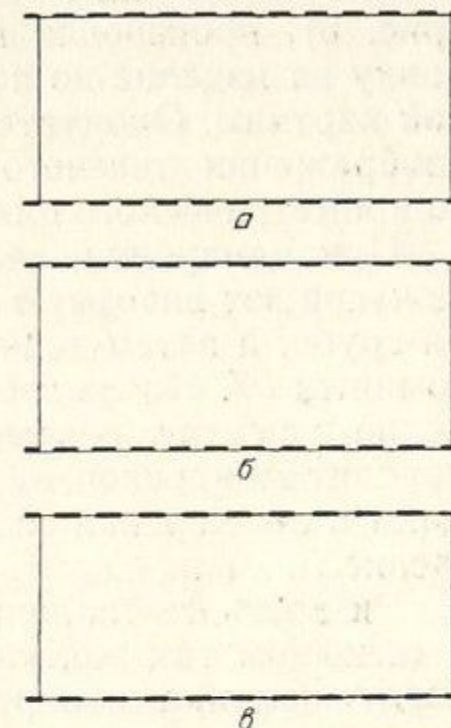


Рис. 12

дет видно изображение в большинстве случаев нерезкое.

Освободив винт 98 (рис. 7) и вращая маховик 96 (рис. 6), производят предварительную грубую фокусировку на изделие до получения приблизительно отчетливой картины. Окончательная, точная установка резкости изображения теневого контура достигается вращением микрометрического винта 97.

При измерении гладких цилиндров предварительно фокусируют визирную систему на острия центров сначала грубо, а затем точно — с помощью микрометрического винта 97. После этого устанавливают измеряемое изделие в центра, перемещают каретку поперечного хода, наводят микроскоп на образующую цилиндра и наблюдают в поле зрения ее достаточно резкое теневое изображение.

Резкость изображения резьбовых изделий достигается в основном так же, как и гладких цилиндров. Однако, когда колонка визирной системы установлена вертикально, нельзя одновременно отфокусировать визирную систему на обе грани зуба или впадины резьбы. Достигнуть этого можно наклоном колонки визирной системы посредством маховика 102 (рис. 7) на средний угол подъема резьбы. Практически величину наклона колонки находят опытным путем, добиваясь резкого изображения обеих граней профиля зуба.

При измерении среднего диаметра резьбы, когда требуется перейти от одного контура к противоположному, нужно одновременно наклонить колонку в обратную сторону на тот же угол. Если измеряемая резьба нормирована и средний угол подъема ее известен, то наклон колонки можно установить маховиком 102 по его шкале с ценой деления 15'.

Средний угол подъема резьбы можно приближенно подсчитать по формуле

$$\omega = 18,25 \frac{S}{d_{\text{ср}}},$$

где ω — искомый угол подъема в градусах;

S — шаг в мм;

$d_{\text{ср}}$ — средний диаметр в мм.

При измерении методом осевого сечения плоскость измерения определяется измерительными ножами, поэтому и фокусировать визирную систему следует на тонкую риску ножа; колонка визирной системы при этом должна находиться в вертикальном положении, при этом указатель шкалы маховика будет находиться на нуле.

Установка измерительных ножей

Прежде чем установить ножи, на конец оправы объектива надевают насадку 108 (рис. 9) и закрепляют винтом. Вместо проекционной насадки визирной системы устанавливают бинокулярную насадку 94 (рис. 8) и закрепляют винтом 123. Затем устанавливают измеряемое изделие, придвигают к нему возможно ближе опорные планки 124 (рис. 9) и закрепляют их винтами 125. Помещают измерительный нож под ножедержатель 126 и, действуя двумя руками (одной отжимают ножедержатель, другой передвигают нож), подводят нож к изделию так, чтобы между контуром изделия и лезвием ножа был виден узкий параллельный просвет. Затем приводят лезвие ножа в полное соприкосновение с изделием; при этом не должно наблюдаться просвета по всей длине лезвия ножа.

На рис. 13 стрелками показано, как надо придвигать нож к изделию.

Ножом можно измерять только хорошо отшлифованные или доведенные поверхности. Следует помнить, что наиболее важной частью ножа является его лезвие — малейшая зазубрина на нем может вызвать

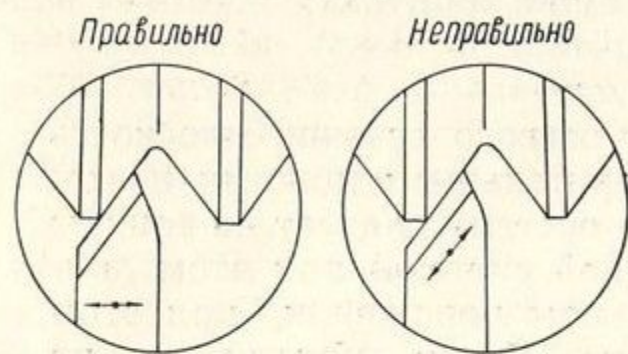


Рис. 13

неплотное прилегание и тем самым внести погрешность в результат измерения.

Наибольшая опасность повредить ножи возникает при их установке, поэтому сначала нужно усвоить

методику установки ножей.

Ни в коем случае нельзя перемещать придвинутый к изделию нож, а также поворачивать или перемещать изделие при придвинутых ножах.

3. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИН ПРОЕКЦИОННЫМ (ТЕНЕВЫМ) МЕТОДОМ

Плоские изделия

На плоский стол 115 (рис. 8) помещают измеряемое изделие так, чтобы его поверхности, расстояние между которыми надо измерить, приблизительно были ориентированы по тому или другому измерительному направлению (поперечному или продольному). После этого изделие зажимают струбцинками 127, которые крепятся в Т-образных пазах стола, или планкой 128. Перемещени-

ем каретки продольного или поперечного хода подводят одну из граней измеряемого изделия под объектив визирной системы и фокусируют на резкость теневого изображения.

Вращая один из винтов 116 (или одновременно оба, но в противоположные стороны) и точной подачей передвигая каретку поперечного хода, добиваются параллельности края теневого изображения и штриховой линии сетки, а затем совмещают их. При этом на экране угломерной головки должен быть отсчет «0» (или 90° , 180° , 270°). Правильность установки изделия контролируют перемещением каретки продольного хода на всю длину изделия и наблюдением на экране визирной системы или в поле зрения бинокулярной насадки за положением края теневого изображения относительно штриховой линии.

Для повышения точности установки изделия при проверке правильности его положения рекомендуется оставлять между штриховой линией и краем изображения небольшой просвет, изменение которого наблюдается на экране при движении каретки.

Закончив установку изделия, приступают к измерению. Для этого микрометрическим винтом точной подачи каретки наводят одну из штриховых линий сетки визирной системы на один край теневого изображения изделия, производят отсчет по соответствующей шкале на экране и записывают его. Перемещают каретку до появления в поле зрения визирной системы второго края теневого изображения изделия. Микрометрическим винтом точной подачи каретки совмещают ту же штриховую линию сетки с краем теневого изображения, снова производят отсчет по той же шкале и записывают его. Разность обоих отсчетов даст измеренную длину.

Гладкие цилиндрические изделия

Прежде чем установить измеряемое изделие, производят фокусировку на резкость изображения профилей центров, как указано в разделе «Фокусировка визирной системы». Затем закрепляют изделие в центрах, устанавливают соответствующую диафрагму, как указано в разделе «Установка диафрагмы», и приступают к измерению диаметра цилиндра.

Для этого перемещают грубо (от руки) каретку поперечного хода с визирной системой, подводят горизонтальную штриховую линию сетки угломерной головки к одной стороне теневого изображения цилиндра, точной подачей каретки поперечного хода совмещают штриховую линию сетки с краем теневого изображения цилиндра, как указано в разделе «Наводка штриховых линий сетки на край теневого изображения», и производят отсчет по шкале поперечного хода с помощью оптического микromетра. Далее ту же штриховую линию сетки наводят на противоположный край теневого изображения цилиндра и снимают второй отсчет по той же шкале. Разность отсчетов даст величину измеренного диаметра.

При измерении колонка визирной системы должна находиться в вертикальном положении, отсчет на экране угломерной головки должен быть 0 (или 90° , 180° , 270°).

Длину цилиндрических изделий измеряют так же, как и длину плоских изделий.

Конусы

Для измерения конус укрепляют в центрах. Фокусировку производят так же, как и при измерении гладких цилиндров. Устанавливают какую-либо из штриховых линий сетки угломерной головки параллельно образу-

ющей измеряемого конуса у его основания. Затем передвигают каретки продольного и поперечного хода до тех пор, пока конец образующей конуса у вершины не появится в поле зрения микроскопа; при этом параллельность образующей и штриховой линии сетки не должна нарушаться.

Устанавливают каретку продольного хода на какой-

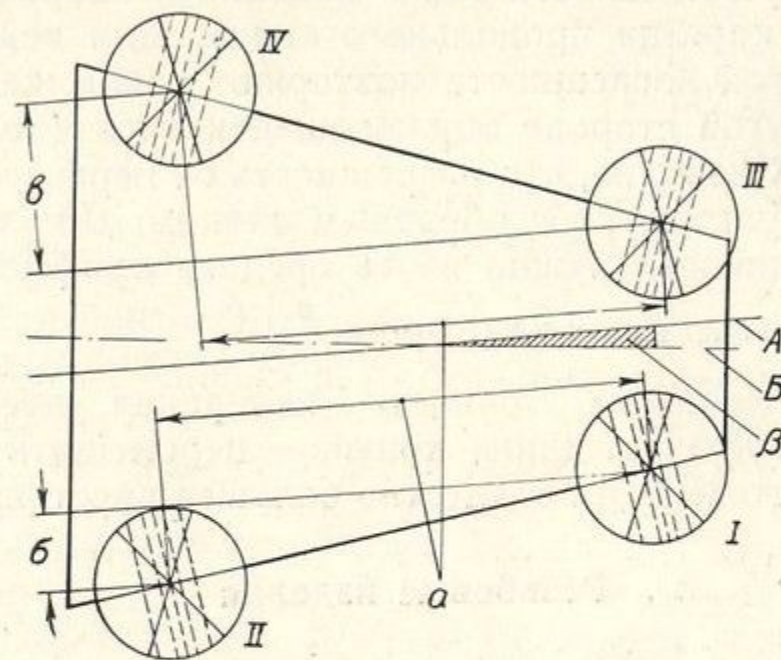


Рис. 14

либо отсчет (целое число миллиметров) по шкале продольного хода и закрепляют ее. Перемещая каретку поперечного хода, совмещают штриховую линию сетки с образующей теневого контура, как показано на рис. 14 (положение I), и производят отсчет по шкале поперечного хода. Затем перемещают каретку продольного хода на целое число миллиметров к другому концу конуса; перемещая каретку поперечного хода, совмещают штриховую линию сетки с образующей теневого контура (поло-

жение *II*) и снова снимают отсчет по шкале поперечного хода. Разность обоих отсчетов (*б*) по шкале поперечного хода, разделенная на длину перемещения каретки продольного хода (*а*) в миллиметрах, даст тангенс половины угла конуса.

Полученный результат не свободен от погрешности, возникшей вследствие возможного перекоса изделия (т. е. непараллельности оси *Б* изделия и направления *А* движения каретки продольного хода). Для исключения влияния этой погрешности повторяют такое же измерение на другой стороне образующей конуса (положения *III* и *IV*). Очевидно, что погрешность от перекоса войдет в этот результат, но с обратным знаком. Для исключения погрешности нужно взять среднее арифметическое из обоих результатов измерения $\frac{в + б}{2}$.

Для повышения точности измерения необходимо брать наибольшую длину конуса — перемещать каретку продольного хода на возможно большее расстояние.

Резьбовые изделия

Измерение наружного и внутреннего диаметров резьбовых изделий производят аналогично измерению диаметров гладких цилиндров.

Подготовку прибора к измерению средних диаметров производят так же, как и подготовку к измерению гладких цилиндров, затем наклоняют колонку на угол профиля резьбы; вращая сетку угломерной головки, устанавливают центральную (среднюю из пяти) штриховую линию параллельно образующей профиля резьбы и перемещением каретки продольного или поперечного хода совмещают их, как показано на рис. 15 (положение *I*),

при этом вторая штриховая линия (перпендикулярная к первой) должна делить измеряемую сторону резьбы примерно пополам.

После совмещения штриховой линии с профилем резьбы снимают отсчет по шкале поперечного хода. Затем перемещают каретку поперечного хода рукой до появления в поле зрения диаметрально противоположной параллельной образующей профиля и закрепляют каретку, после чего наклоняют колонку визирной системы в обратную сторону (на величину угла подъема резьбы). Действуя микрометрическим винтом каретки поперечного хода, вновь совмещают штриховую линию сетки угломерной головки с образующей профиля резьбы (положение *II*), при этом сетка должна оставаться неподвижной.

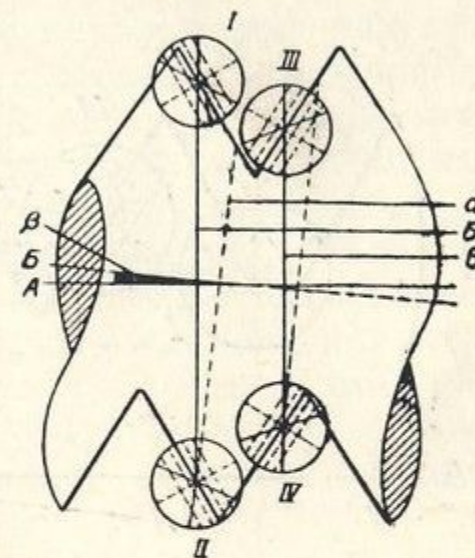


Рис. 15

Затем производят второй отсчет по шкале поперечного хода. Разность отсчетов даст измеренный средний диаметр резьбы.

Полученный результат может иметь погрешность вследствие возможного перекоса оси *Б* резьбы относительно оси *А* измерения.

Для исключения этой погрешности производят измерение среднего диаметра по левой и правой стороне профиля (положения *III* и *IV*) и получают второй результат измерения среднего диаметра, также содержащий погрешность от перекоса, но с обратным знаком. Среднее арифметическое из двух измерений даст величину сред-

него диаметра, свободную от погрешности перекося,

$$\frac{b + \delta}{2} = a.$$

При измерении косо нарезанной резьбы точно совместить штриховые линии с обеими образующими профиля указанным способом не удастся. В этом случае нужно устанавливать штриховые линии сетки не параллельно

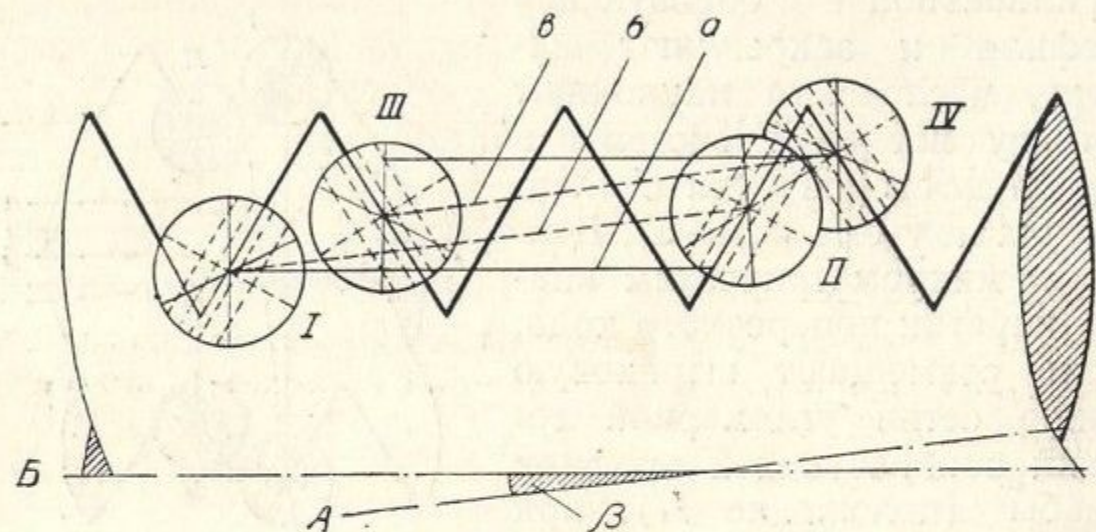


Рис. 16

образующей профиля зуба, а на средний установочный угол профиля.

Измерение шага резьбовых изделий производят при той же установке изделия в центрах. Одну из штриховых линий сетки угломерной головки совмещают с образующей теневого профиля резьбы таким образом, чтобы ось штрихов лежала на линии контура (рис. 16, положение I), и по шкале продольного хода снимают отсчет. Затем сдвигают каретку продольного хода на один или несколько шагов (в зависимости от того, нужно ли измерить отдельный шаг или узнать его среднюю вели-

чину), снимают отсчет по шкале продольного хода (положение II) и вычисляют разность обоих отсчетов, которая покажет шаг или сумму шагов вместе с погрешностью от перекося осей резьбы и центров. Маховичком 100 (рис. 7) поворачивают штриховую линию сетки параллельно второй образующей профиля, совмещают их соответственно и вновь повторяют измерение (рис. 16, положения III и IV).

Результат второго измерения покажет шаг или сумму шагов, но с погрешностью от перекося, имеющей на этот раз противоположный знак. Среднее арифметическое обоих результатов будет уже свободно от погрешностей перекося. Для того, чтобы при измерении нескольких шагов освободить результат от остаточных ошибок направляющих кареток и ошибки в высоте центров, повторяют измерение на другой стороне диаметра изделия и вычисляют окончательно среднее значение.

Наиболее точное измерение шага от витка к витку получается на той стороне изделия, которая обращена к колонке визирной системы.

4. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ ПРОЕКЦИОННЫМ (ТЕНЕВЫМ) МЕТОДОМ

Плоские изделия

Изделие помещают на стекло плоского стола. Перемещением кареток продольного и поперечного хода вводят в поле зрения визирной системы одну сторону измеряемого угла. Затем наводят какую-нибудь из штриховых линий на край изображения этой стороны угла и снимают отсчет на экране угломерной головки. Далее маховичком 100 (рис. 7) поворачивают штриховую сетку, производят наводку на вторую сторону измеряемого

угла и снова снимают отсчет на экране угломерной головки.

При переводе штриховой линии с одной стороны угла на другую нужно следить за тем, чтобы не спутать эту линию с соседней.

Резьбовые изделия

При измерении углов резьбовых изделий обычно рассматривают не целый угол (например, между двумя сторонами профиля зуба), а только половину его. Положение биссектрисы угла относительно оси измеряемого изделия позволяет судить о наклоне профиля к оси резьбы.

Измерение производят следующим образом: изделие закрепляют в центрах (бабки при этом сдвигают как можно ближе) и по лимбу угломерной головки устанавливают нулевой отсчет.

После фокусировки микроскопа, поворачивая сетку угломерной головки, совмещают среднюю штриховую линию с одной стороной профиля резьбы и производят отсчет по лимбу угломерной головки. Совмещение производят как обычно или с узким равномерным просветом. Полученный отсчет покажет величину половины угла профиля.

Вращая сетку угломерной головки в противоположную сторону, производят наводку по другой стороне профиля резьбы, получают некоторый отсчет β , причем разность $360^\circ - \beta$ также даст величину половины угла профиля. Если биссектриса угла профиля перпендикулярна к оси измерения, то эти две половины угла профиля должны быть равны. Если же они не равны (биссектриса угла не перпендикулярна к оси измерения — при косої резьбе), то полуразность между ними даст отклонение биссектрисы от перпендикуляра к оси. Но этот результат еще зависит от того, насколько точно совпадает ли-

ния, соединяющая центровые гнезда, с продольной измерительной осью.

Погрешности от перекоса исключают повторным измерением обеих половин угла по противоположной сто-

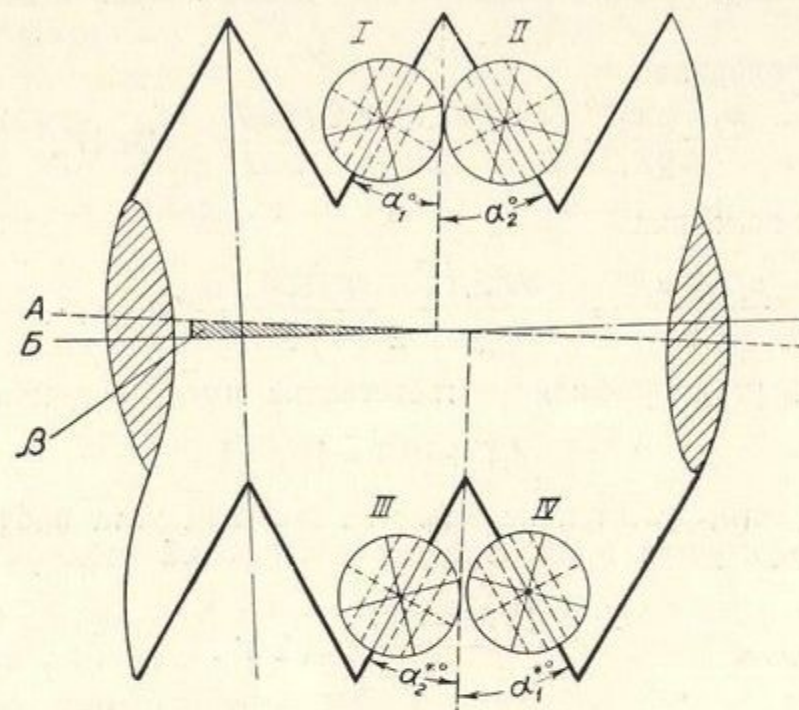


Рис. 17

роне изделия, полученные четыре величины угла соответствующим образом комбинируют.

Поясним это следующим примером (рис. 17, положения I и II):

Предположим, что при измерении угла профиля резьбы при первой установке получены отсчеты:

левая сторона витка	329° 47,3' (30° 12,7') (α_1°)
правая сторона витка	30° 2,3' (α_2°)

Передвигаем каретку поперечного хода до появления в поле зрения противоположного витка или впадины резьбы. Для получения равномерной резкости колонку визирной системы наклоняем в обратную сторону.

По сторонам профиля вновь производим измерения (положения III и IV). Получим отсчеты:

левая сторона впадины $329^{\circ} 41,7' (30^{\circ} 18,3') (\alpha_2^{*\circ})$
 правая сторона впадины $29^{\circ} 56,7' (\alpha_1^{*\circ})$

Определяем среднее значение для левой и правой половин угла профиля:

левая половина

$$\frac{\alpha_1^{\circ} + \alpha_1^{*\circ}}{2} = \frac{30^{\circ} 12,7' + 29^{\circ} 56,7'}{2} = 30^{\circ} 47',$$

правая половина

$$\frac{\alpha_2^{\circ} + \alpha_2^{*\circ}}{2} = \frac{30^{\circ} 2,3' + 30^{\circ} 18,3'}{2} = 30^{\circ} 10,3'.$$

Полный угол профиля соответственно имеет погрешность

$$4,7' + 10,3' = 15'.$$

Кроме того, имеется неравенство половин угла профиля, которое характеризуется полуразностью отклонений половин угла профиля:

$$\frac{10,3' - 4,7'}{2} = 2,8'.$$

Знак, который получит эта погрешность, не играет роли, поскольку не оговорено, в каком направлении отклонение считать положительным и в каком — отрицательным. Погрешность перекося в центрах вычисляют из следующих значений:

$$\frac{\alpha_1^{*\circ} - \alpha_1^{\circ}}{2} = 8'$$

или

$$\frac{\alpha_2^{*\circ} - \alpha_2^{\circ}}{2} = 8',$$

где α_1° — приуменьшенная измеренная величина половины угла профиля зуба;

α_2° — преувеличенная измеренная величина половины угла профиля зуба;

$\alpha_1^{*\circ}$ и $\alpha_2^{*\circ}$ — соответственные величины, измеренные по впадине.

Если бы было произведено только второе измерение (по впа-

дине), то угол был бы измерен правильно, но погрешность от неравенства половин угла профиля получилась бы преувеличенной

$$\frac{18,3' - (-3,3')}{2} = 10,8'.$$

При измерении угла профиля резьбы с большим углом подъема (червяки) вследствие значительного наклона колонки визирной системы получается некоторое искажение изображения, в результате чего измеренное значение угла профиля оказывается меньше действительного.

Для точного измерения можно вычислить действительную величину половины угла профиля по следующей формуле:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha'}{2}}{\cos \omega},$$

где $\frac{\alpha}{2}$ — искомая половина угла профиля;

$\frac{\alpha'}{2}$ — измеренная половина угла профиля;

ω — угол подъема резьбы.

5. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ МЕТОДОМ ОСЕВОГО СЕЧЕНИЯ

Способ наведения штриховой линии сетки угломерной головки на тонкую риску ножа исключает трудности и неточности, возникающие при установке непосредственно на теневой контур изделия. Для облегчения наводки и повышения ее точности линии перекрестия сетки сделаны штриховыми.

При измерении нужно следить, чтобы риска ножа лежала как можно точнее посередине штриховой линии по всей своей длине. Кроме того, при измерении резьбы сле-

дует наводить среднюю штриховую линию так, чтобы перекрестие расположилось на середине образующей профиля зуба, иначе погрешность положения профиля скажется на результате измерения среднего диаметра резьбы.

Риски на ножах удалены от лезвия на различные расстояния:

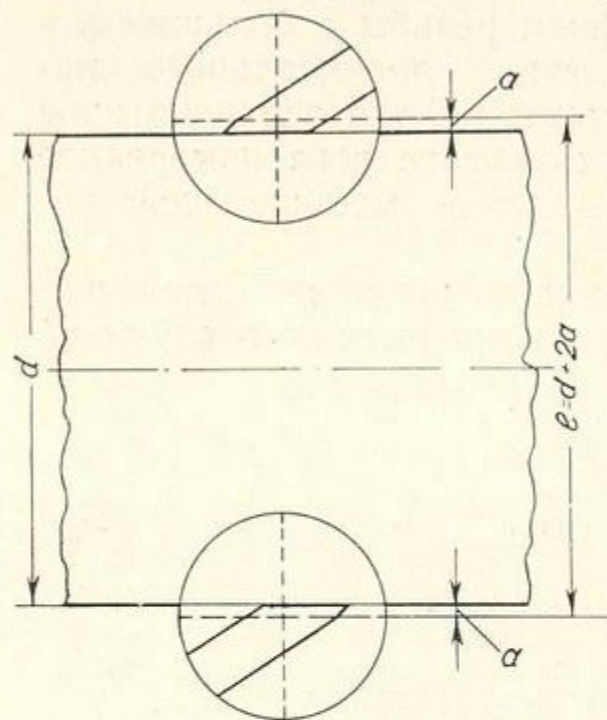


Рис. 18

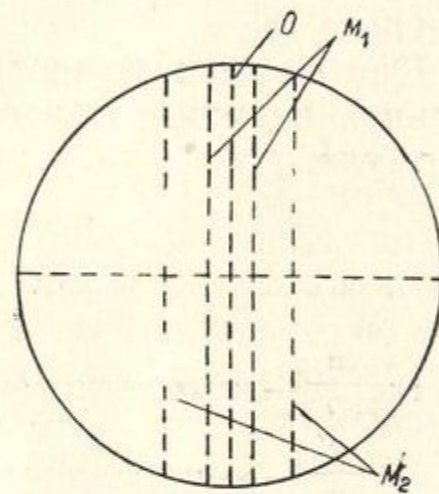


Рис. 19

- у левых и правых широких ножей 0,9 мм
- у левых и правых узких ножей 0,3 мм
- у прямых ножей 0,9 мм

Если при измерении ножами поочередно наводить на риски ножей одну и ту же штриховую линию сетки угломерной головки, перемещая каретку поперечного хода, то по шкале поперечного хода получится отсчет, увеличенный на двойную величину расстояния от риски до лезвия ножа, равную $2a$ (рис. 18). Вычитать эту величину из каждого результата измерения было бы крайне неудобно. Поэтому на штриховой сетке угломерной го-

ловки нанесены четыре линии, параллельные средней линии сетки, удаленные от нее на расстояния, соответствующие на измеряемом изделии (при увеличении микроскопа $30\times$) 0,3 и 0,9 мм и обозначенные на рис. 19 через M_1 и M_2 .

При измерении длин методом осевого сечения действуют следующим образом:

после того как ножи придвинуты к измеряемому изделию, одну из штриховых линий с соответствующей ценой деления совмещают с риской ножа, при этом средняя штриховая линия совместится с линией касания ножа и контуром измеряемой детали (рис. 20), и производят отсчет по шкале поперечного хода. Затем перемещают каретку поперечного хода, производят такую же наводку на противоположную сторону изделия, используя вторую штриховую линию, удаленную на такое же расстояние от средней штриховой линии, и снимают второй отсчет по той же шкале. При таком методе измерения величина перемещения каретки равна размеру изделия.

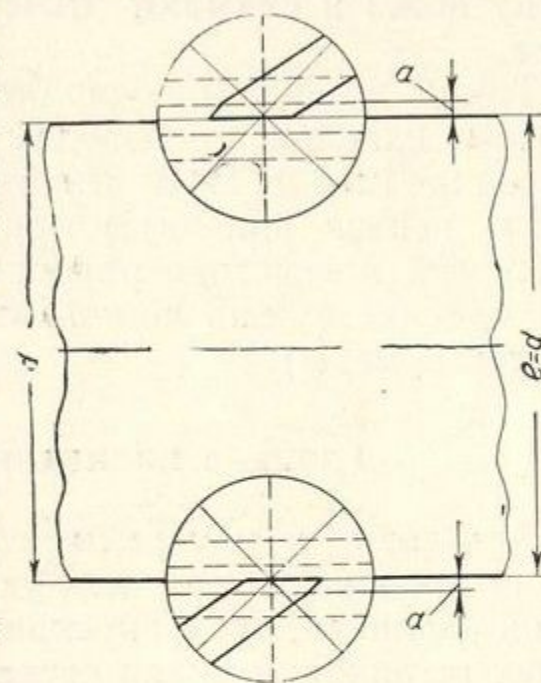


Рис. 20

Плоские изделия

Измеряемое изделие устанавливают на плоский стол. Стороны, расстояние между которыми надо измерить, ориентируют по одному из измерительных направлений

(продольному или поперечному) и закрепляют изделие.

Одну из сторон контура изделия подводят под объектив визирной системы, прикладывают к ней измерительный нож, установленный на стекле стола, и фокусируют визирную систему на резкость изображения риска ножа.

Затем производят наводку штриховой линии сетки на риск ножа и снимают отсчет по шкале поперечного хода.

Таким же путем подводят нож к противоположной стороне изделия, производят наводку и снимают отсчет по той же шкале. Если лезвия ножей, лежащих на стекле стола, нельзя вплотную придвинуть к измеряемой поверхности вследствие разности высот, то под ножи или под изделие нужно подложить подкладки (лучше всего концевые меры).

Гладкие цилиндрические изделия

Установку и измерение гладких цилиндрических изделий производят так, как указано в разделе 3, с той лишь разницей, что фокусировку визирной системы и наводку штриховой линии сетки производят не на край теневого контура изделия, а на риск ножа.

Конусы

Для измерения конусов предусмотрены специальные прямые ножи, у которых измерительная риска расположена перпендикулярно к продольной оси, тогда как у ножей для измерения резьбы она направлена под углом 60° .

Установку изделия производят, как указано в разделе 3. К образующей одного конца измеряемого конуса (ближе к вершине) подводят прямой нож и фокусируют

визирную систему на риск ножа. Перемещая каретку продольного хода, устанавливают по шкале на экране какой-либо отсчет (целое число), а каретку поперечного хода передвигают до тех пор, пока риска ножа не совместится со штриховой линией сетки, удаленной от центра на такое расстояние, на какое риска ножа удалена от лезвия. Отсчет снимают по шкале поперечного хода на экране.

Затем перемещают каретку продольного хода на целое число миллиметров, выбранное с таким расчетом, чтобы в поле зрения микроскопа появился конец образующей (у основания конуса). К этому концу также прикладывают нож и совмещают штриховую линию сетки с риской ножа. Отсчет снимают также по шкале поперечного хода.

Для исключения погрешности от перекоса (когда ось центров не параллельна движению каретки продольного хода) такое же измерение производят по другой, диаметрально противоположной стороне изделия. Из результатов обоих измерений берут среднее арифметическое.

Вычисление угла конуса производят, как указано в разделе 3.

Резьбовые изделия

Перед измерением резьбу тщательно очищают щеточкой, смоченной в чистом бензине. Изделие укрепляют в центрах и перемещением каретки поперечного хода вводят одну сторону изделия в поле зрения микроскопа. К одной из граней резьбы подводят нож, установленный на опорной планке.

Выбор ножей для измерения резьбы зависит от длины профиля. Узкие ножи применяются при шаге до 3 мм, широкие — при шаге от 3,5 до 6 мм.

Для измерения шага резьбы визирную систему фоку-

сируют на риску ножа; перемещением каретки продольного или поперечного хода совмещают соответствующую штриховую линию сетки угломерной головки с риской ножа и снимают отсчет по шкале продольного хода. Затем переставляют нож на следующую, параллельную первой, сторону профиля зуба или через несколько витков, снова производят наводку штриховой линии на риску ножа и снимают отсчет по той же шкале.

Если измерение ведут через несколько шагов, устанавливают сразу два ножа. Если же переставляют один и тот же нож, нужно внимательно следить за тем, чтобы не сдвинуть или не повернуть изделие, так как это приведет к неверному результату измерения.

При перестановке ножа от витка к витку разность двух отсчетов по шкале продольного хода даст измеренную величину шага. При перестановке ножа через несколько шагов разность двух отсчетов, разделенная на число шагов, даст среднюю величину шага резьбы.

Для исключения возможной погрешности от перекоса резьбы в центрах следует измерить шаг по противоположной стороне витка резьбы, как указано в разделе 3, и по тем же правилам вычислить среднее арифметическое значение.

Чтобы исключить остаточную погрешность направляющих кареток, а также различие в высоте центров при измерении через несколько витков, производят измерение по противоположной стороне изделия и берут среднее арифметическое из первых и вторых результатов измерений.

Для измерения среднего диаметра резьбы к двум одноименным (правым или левым) диаметрально противоположным сторонам профиля резьбы прикладывают два одинаковых ножа. После соответствующей фокусировки

визирной системы и наводки штриховой линии сетки на риску ножа производят два отсчета: один — при наводке на риску переднего ножа, другой — при наводке на риску заднего ножа. Разность полученных отсчетов покажет измеренную величину среднего диаметра, которая будет содержать еще и погрешность от перекоса. Чтобы исключить погрешность, производят измерение, как указано в разделе 3, т. е. по правым и левым сторонам резьбы.

Чтобы получить полное представление о точности изготовления резьбового калибра, нужно не только проверить различные витки резьбы, но и произвести измерения не менее чем по двум сечениям (при повороте на 90°).

Наружный диаметр резьбы измеряют так же, как и диаметры гладких цилиндров. Внутренний диаметр резьбы методом осевого сечения измерить невозможно.

Пример измерения среднего диаметра:

Левая сторона профиля (спереди)

Отсчеты 1) 65,2622 мм
2) 65,2623 мм
3) 65,2626 мм

195,7871 мм

Средняя величина из трех измерений 65,2624 мм.

Левая сторона профиля (сзади)

Отсчеты 1) 31,3852 мм
2) 31,3846 мм
3) 31,3852 мм

94,1550 мм

Средняя величина из трех измерений 31,3850 мм.

Разность отсчетов средних значений равна среднему диаметру по левой стороне (33,8774 мм).

Правая сторона профиля (спереди)

Отсчеты 1) 65,2875 мм

2) 65,2868 мм

3) 65,2868 мм

195,8611 мм

Средняя величина из трех измерений 65,2870 мм.

Правая сторона профиля (сзади)

Отсчеты 1) 31,3845 мм

2) 31,3858 мм

3) 31,3846 мм

94,1549 мм

Средняя величина из трех измерений 31,3850 мм.

Разность отсчетов средних значений равна среднему диаметру по правой стороне (33,9020 мм).

Сумма средних диаметров, измеренных по правой и левой стороне, равна 67,7794 мм. Половина этой величины 33,8897 мм соответствует действительному среднему диаметру.

Повторные измерения дали величину 33,8838 мм. Поэтому величина среднего диаметра резьбы в данном сечении

$$\begin{array}{r} + 33,8897 \text{ мм} \\ + 33,8838 \text{ мм} \end{array}$$

$$67,7735 : 2 = 33,8867 \text{ мм}$$

Далее калибр был повернут на 90° и все измерения повторены. Средний диаметр, измеренный по второму диаметральному сечению, оказался равным 33,8886 мм.

Окончательное среднее значение среднего диаметра

$$\begin{array}{r} + 33,8867 \text{ мм} \\ + 33,8886 \text{ мм} \end{array}$$

$$67,7753 : 2 = 33,8876 \text{ мм}$$

6. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ МЕТОДОМ ОСЕВОГО СЕЧЕНИЯ

Плоские изделия

Измеряемое изделие помещают на плоский стол и укрепляют прижимами. Затем на стекло стола устанавливают измерительный нож и прикладывают к изделию

так, чтобы его лезвие соприкасалось со стороной измеряемого угла. Фокусируют визирную систему на риску ножа и, перемещая каретку продольного или поперечного хода, совмещают штриховую линию сетки с риской; добившись точного совмещения, снимают отсчет на экране по лимбу угломерной головки.

Затем прикладывают тот же нож (если он не подходит, берут другой — правый, левый или прямой) к другой стороне измеряемого угла, так же производят наводку и снимают отсчет по лимбу угломерной головки на отсчетном экране. Разность обоих отсчетов даст искомый угол.

Резьбовые цилиндрические изделия

Измерение углов резьбы методом осевого сечения производят так же, как и методом теневого изображения, с той лишь разницей, что к одной стороне профиля прикладывают измерительный нож и наводку штриховой линии сетки производят не по теневому контуру, а по риске ножа.

Исключение погрешности от перекоса резьбы производят таким же путем, как и при измерении резьбы методом теневого изображения.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ НА ИЗНОС НОЖЕЙ

В результате частого употребления измерительных ножей тонкие лезвия их изнашиваются, вследствие чего изменяется расстояние от лезвия до риски ножа. Если приложить такой нож к измеряемому изделию, а затем совместить соответствующую штриховую линию сетки с риской ножа, то средняя штриховая линия уже не будет лежать между измеряемым изделием и лезвием

ножа, а окажется несколько сдвинутой в сторону изделия.

Так как результат измерения всегда соответствует величине перемещения средней штриховой линии, то при измерении изделия изношенными ножами полученное значение будет меньше истинного.

Во избежание погрешностей измерения ножи периодически проверяют на износ и в результате измерения вносят соответствующие поправки; поправка определяется для пары ножей, которыми одновременно измеряется средний диаметр резьбы.

Определение поправки производят следующим образом: в центрах закрепляют контрольный калибр 129 (рис. 9), придвигают к одному из его узких полированных поясков с двух сторон проверяемую пару ножей и некоторое время (не менее 30 мин) выжидают выравнивания температур калибра и прибора. После этого фокусируют визирную систему на риску ножа и приступают к измерению диаметра калибра.

Если ножи не имеют погрешностей, то полученный результат должен быть равен значению, награвированному на торце калибра (в пределах точности измерений). При этом должны быть внесены поправка по аттестату шкалы и поправка на разность температур прибора и калибра (в пределах $20 \pm 1^\circ \text{C}$). Если результат измерения не совпадает с величиной, награвированной на калибре, то разность между ними даст поправку на износ ножей, которую нужно учитывать (с ее знаком) в дальнейших измерениях данной парой ножей.

Износ ножа может иметь различную величину на длине лезвия, поэтому контрольный калибр снабжен поясками разной ширины (1,5, 2,5 и 9 мм) для проверки износа на различных участках лезвия. С помощью этих поясков можно определить три поправки на износ ножей

и в дальнейших измерениях пользоваться соответствующей поправкой.

Пример:

Величина, награвированная на контрольном калибре 44,1955 мм
Результат измерения калибра изношенными ножами
(равенство температур прибора и калибра выдержано до $0,1^\circ \text{C}$) 44,1948 мм

Разность +0,0007 мм

Значение поправки по аттестату на поперечную шкалу:

для деления «27» +1,3 мк

для деления «71» +0,7 мк

отсчетная поправка +0,6 мк (+0,0006 мм)

Поправка для исследуемой пары ножей +1,3 мк (+0,0013 мм).

При измерении резьбы эту величину надо еще умножить на $\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$,

при измерении диаметров конусов — на $\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}$, где $\frac{\alpha}{2}$ — половина

угла профиля резьбы или половина угла конуса.

8. ИЗМЕРЕНИЕ МАЛЫХ ОТВЕРСТИЙ

Измерение диаметров отверстий на приборе можно производить с помощью специального оптического устройства, встроенного в визирную систему прибора.

Перед измерением на объектив надевают насадку 130 (рис. 21), в тубус осветительной системы (под объективом) устанавливают осветительную насадку с обозначением «П»; диском 131 с накаткой включают призму двойного изображения; на каретку продольного хода прибора устанавливают стол 132 и закрепляют его винтами 133. При измерении отверстий деталей высотой бо-

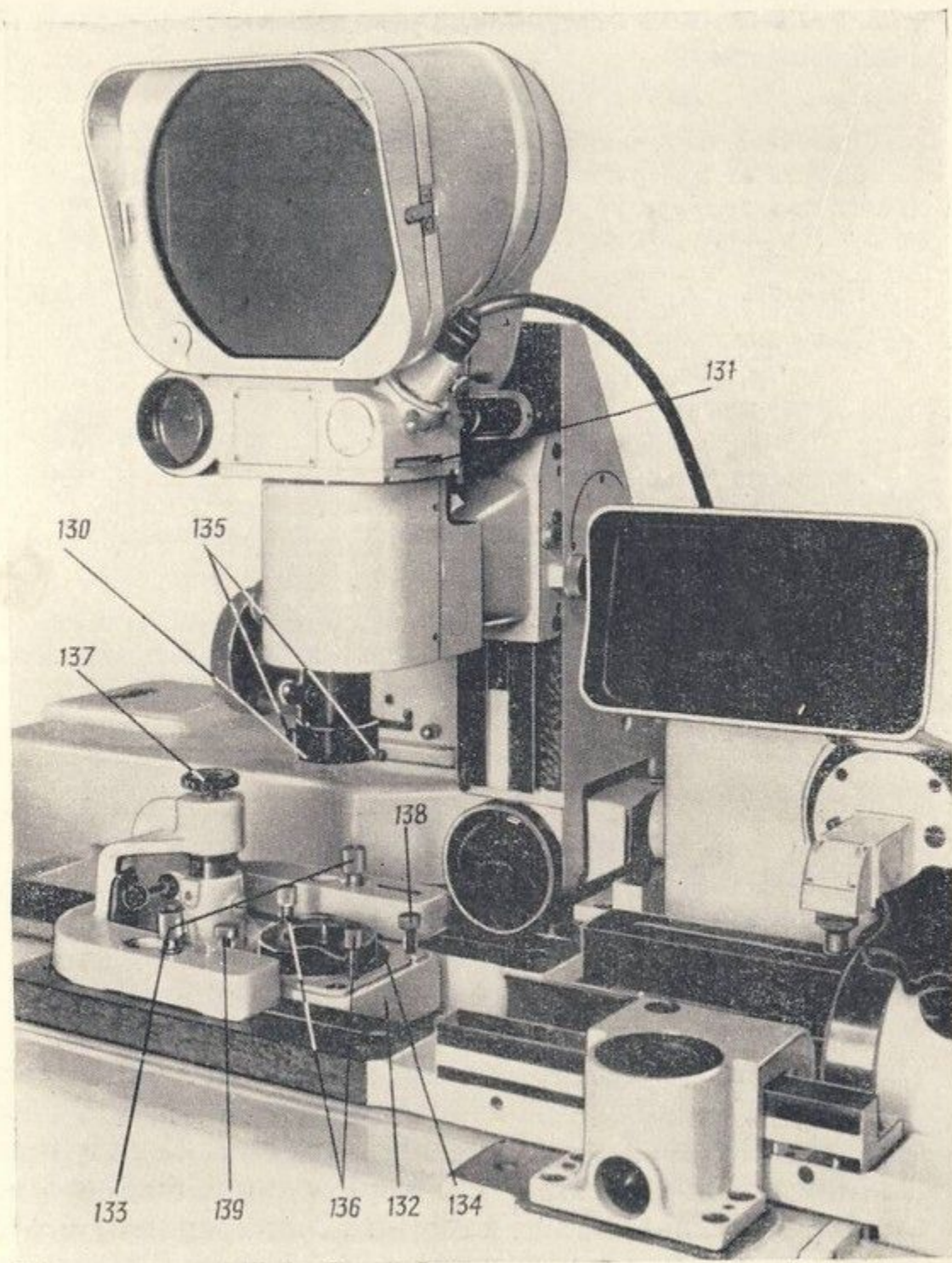


Рис. 21

более 3 мм на стол 132 устанавливают металлический регулируемый столик 134; при измерении отверстий деталей меньшей высоты пользуются стеклянным столиком.

Затем включают лампу визирной системы и на экране главного микроскопа наблюдают цветные изображения перекрестия сетки приспособления для измерения отверстий. Перемещая визирный микроскоп по колонке, добиваются резких изображений перекрестия сетки. Действуя винтами 135 и разворачивая насадку 130, совмещают цветные изображения перекрестия.

На столик 134 устанавливают измеряемое изделие и закрепляют прижимами 136. Перемещая стол 132 по высоте с помощью маховичка 137, добиваются резкого изображения перекрестия, отраженного от образующей отверстия, при этом изображения линий перекрестия примут форму измеряемого отверстия.

После этого приступают к ориентировке измеряемого отверстия относительно линии измерения. Чтобы измерения производились по диаметру, необходимо диаметр отверстия расположить на линии измерения, а образующую отверстия выставить перпендикулярно к линии измерения. Для этого перемещают каретки продольного и поперечного хода до тех пор, пока изображения, отраженные от образующей отверстия, не расположатся вертикально или горизонтально (в зависимости от измеряемого сечения) и симметрично относительно изображения перекрестия сетки.

Подачей каретки в продольном направлении совмещают изображения, отраженные от образующей отверстия. Перемещая стол 132 по вертикали на всю высоту изделия, наблюдают на экране за смещением изображений. Если изображения расходятся, то одну половину смещения устраняют продольным или поперечным перемещением кареток, другую половину — регулировкой

винтов 138 или 139. Такую регулировку производят до тех пор, пока изображения не будут расходиться.

При измерении отверстий, перемещая каретку продольного хода, совмещают двойное изображение линий сетки, как показано на рис. 2. Такое совмещение производят по одной, а затем по противоположной стороне измеряемого отверстия и каждый раз снимают при этом отсчет по шкале продольного хода. Разность двух отсчетов даст величину измеряемого диаметра.

Наводку и отсчет повторяют не менее 3—5 раз и берут среднее арифметическое. Измерение можно производить как в продольном, так и в поперечном направлении; для измерения отверстия в других сечениях разворачивают стол с изделием.

9. ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ЦЕНТРАМИ ОТВЕРСТИЙ

Допустим, что требуется измерить расстояние между центрами двух отверстий на плате (рис. 22а), одно из которых имеет форму круга, другое — равносостороннего треугольника. Для этого измеряемое изделие выставляют и закрепляют на столе так, чтобы прямая, на которой лежат оба центра отверстий, была параллельна перемещению каретки продольного или поперечного хода. Затем диском 131 (рис. 21) с накаткой включают призму двойного изображения. Одно из отверстий подводят под объектив визирной системы, тогда в ее поле зрения появятся два изображения отверстия, повернутых друг к другу на 180° (рис. 22б). Фокусируют визирную систему на резкость двойного изображения отверстия и, перемещая ка-

ретки продольного или поперечного хода, совмещают два изображения (рис. 22в) и снимают первый отсчет по шкале продольного или поперечного хода (в зависимости от того, в каком направлении производят измерение). Затем перемещают каретки до появления в поле

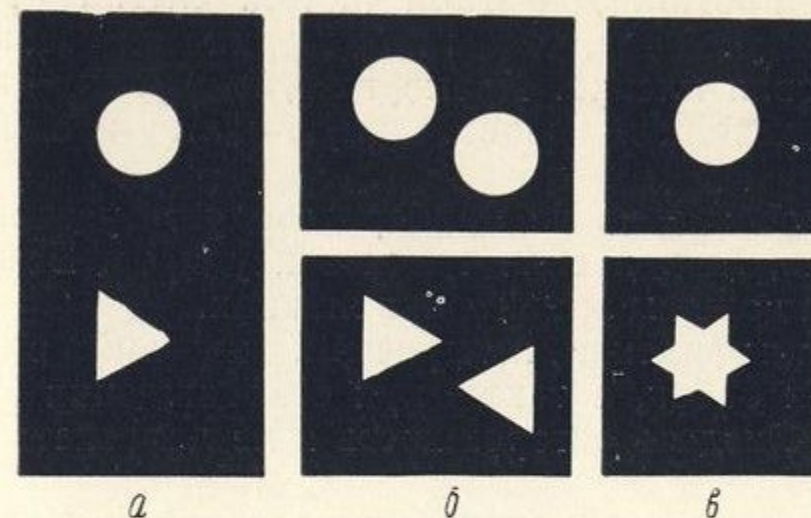


Рис. 22

зрения двойного изображения второго отверстия, совмещают изображения и снимают второй отсчет по той же шкале. Разность отсчетов покажет расстояние между центрами отверстий. Для повышения точности измерения наводку и отсчет следует повторить 3—5 раз и взять среднее арифметическое.

VIII. УХОД ЗА ПРИБОРОМ

Универсальный измерительный микроскоп, как и всякий точный измерительный прибор, должен содержаться в чистоте.

Особенно внимательно нужно следить за тем, чтобы направляющие кареток продольного и поперечного хода, установочная плоскость каретки продольного хода и направляющее цилиндрическое ложе, а также направляющие колонки визирной системы не покрывались пылью и не подвергались коррозии. Для этого перед измерениями их протирают мягкой чистой, слегка провазелиненной тряпкой так, чтобы на поверхности осталась тонкая жировая пленка. Кроме того, необходимо периодически производить основательную чистку и смазку прибора.

Приспособления на прибор следует устанавливать осторожно, не допуская толчков и ударов. Все принадлежности должны храниться в ящиках.

При закреплении измеряемых изделий в центрах центровых бабок, а также при освобождении их нужно всегда соблюдать осторожность и не допускать падения изделия.

Чистку наружных оптических деталей прибора производят обезжиренной в эфире беличьей кисточкой, а затем чистой салфеткой. Если на стеклянной поверхности имеются жировые пятна, то салфетку следует слегка увлажнить эфиром.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Назначение	3
II. Перечень основных частей комплекта	3
III. Основные данные	4
IV. Принцип действия и оптическая схема	6
V. Конструкция	12
VI. Подготовка прибора к работе	21
VII. Работа на приборе	24
VIII. Уход за прибором	59

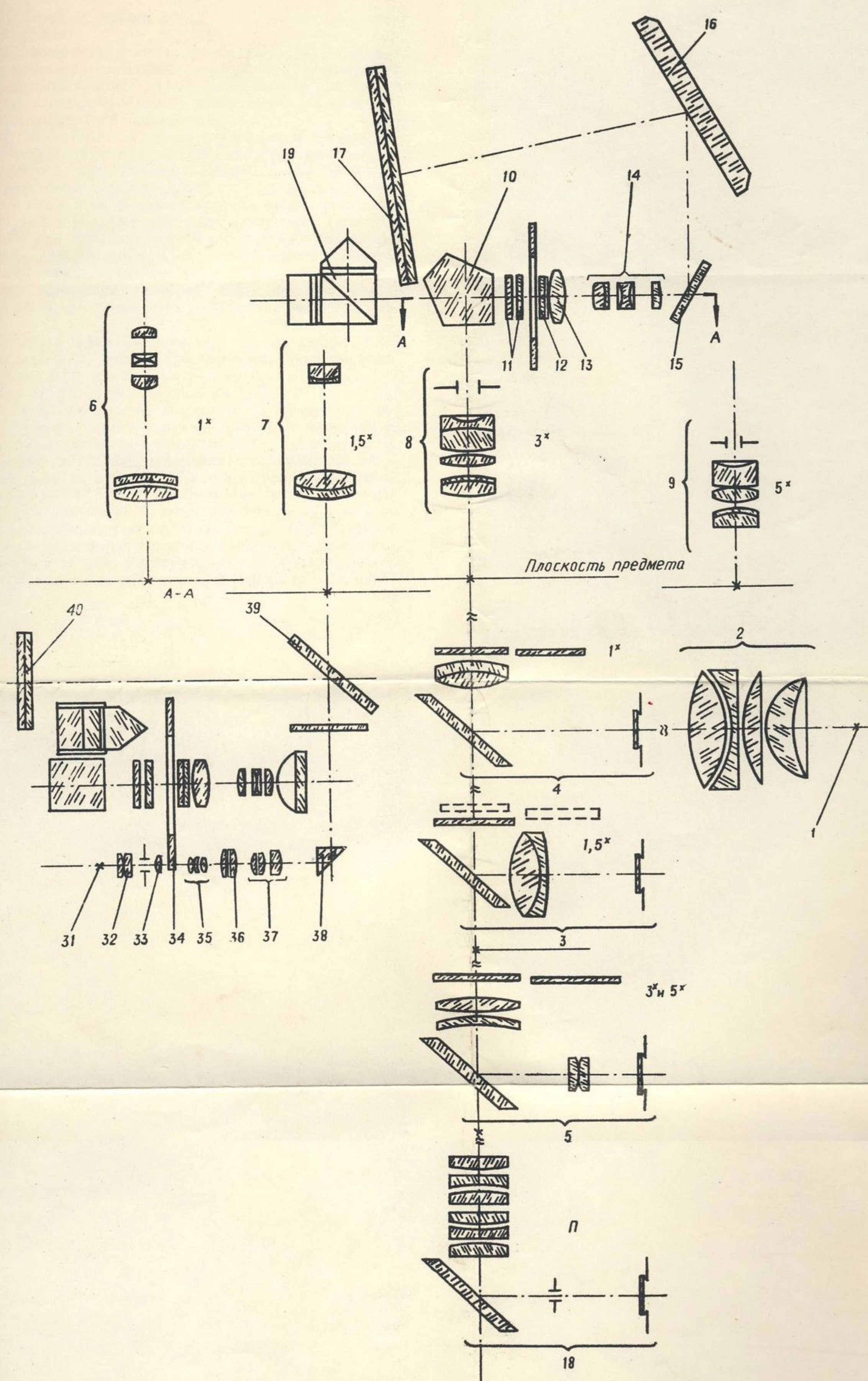


Рис. 1