

*Малый микроскоп  
инструментальный  
типа ММИ*

*Малый микроскоп  
инструментальный  
типа ММИ*

ОПИСАНИЕ И РУКОВОДСТВО  
К ПОЛЬЗОВАНИЮ

1962

## СОДЕРЖАНИЕ

|   | Стр. |
|---|------|
| 1. Назначение прибора . . . . .   | 3    |
| 2. Основные технические и метрологические<br>данные прибора . . . . .   | 4    |
| 3. Оптическая схема и конструкция прибора . . . . .                     | 6    |
| 4. Эксплуатация прибора . . . . .                                       | 24   |
| 5. Правила ухода за прибором . . . . .                                  | 37   |
| 6. Комплектность. Распаковка, установка<br>и хранение прибора . . . . . | 39   |
| Приложение: таблица № 2 . . . . .                                       | 42   |

## I. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

В современной практике измерения применяются два типа инструментальных микроскопов отечественного производства: микроскоп типа БМИ (большая модель) и микроскоп типа ИТ (малая модель). Малая модель микроскопа подверглась значительной модернизации и на ее основе разработана новая, более совершенная модель микроскопа типа ММИ.

Инструментальные микроскопы всех типов относятся к группе оптико-механических приборов и предназначены для измерения линейных размеров в прямоугольных координатах и угловых элементов различных деталей, режущего и измерительного инструмента. Они широко применяются в производственных лабораториях и цехах, на контрольных пунктах, а также в научно-исследовательских институтах, поверочных учреждениях и других организациях. В цехах ими пользуются в качестве основного средства измерения в процессе изготовления деталей.

Устройство инструментальных микроскопов позволяет измерять элементы профиля наружных резьб, углы, конусы, радиусы, рабочие размеры различных шаблонов и другие.

Так как инструментальный микроскоп типа ММИ по своим техническим и метрологическим данным несколько отличается от данных микроскопа типа ИТ, то его область применения соответственно может быть расширена.

## II. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПРИБОРА

### Пределы измерения

|   |   |
|---|---|
| В продольном направлении только с помощью микрометрического винта     | 25 мм.  |
| В том же направлении с помощью микрометрического винта и концевых мер | 75 мм.  |
| В поперечном направлении  | 25 мм.  |
| Угловых размеров  | 0—360°  |
| Пределы наклона колонки   | ±10°  |
| Наибольшая длина устанавливаемой в центрах детали                     | 180 мм.   |
| Наибольший диаметр устанавливаемой в центрах детали                   | 60 мм.  |
| Увеличение сменных объективов   | 1 <sup>x</sup> , 3 <sup>x</sup> , 5 <sup>x</sup> .    |
| Увеличение окуляра  | 10 <sup>x</sup> .                                     |
| Увеличение микроскопа   | 10 <sup>x</sup> , 30 <sup>x</sup> , 50 <sup>x</sup> . |
| Увеличение отсчетного угломерного микроскопа                          | 42 <sup>x</sup> .                                     |
| Диаметр поля зрения   | 21 мм, 7 мм, 4,2 мм.                                  |
| Перемещение тубуса вдоль колонки                                      | 70 мм.  |
| Цена деления на барабане микрометрических винтов                      | 0,005 мм.   |
| Цена деления шкалы отсчетного микроскопа                              | 1'  |

### Предельные погрешности прибора

Предельные погрешности прибора регламентируются нормами, указанными в ведомственных технических условиях. Погрешности измерения на приборе в значительной степени зависят от квалификации оператора, обработки измеряемой детали, измеряемого элемента, от дифрагирования источника света, конструктивных особенностей данного экземпляра прибора, внешних условий и других. При соблюдении основных требований техники измерения предельные погрешности измерения находятся в пределах, указанных в таблице № 1.

Таблица № 1

| Поверяемый элемент  | Предельные погрешности                | Примечание  |
|---|---------------------------------------|---|
| Измерение длин и диаметров в продольном и поперечном направлениях | $\pm 0,004$ мм                        | Относительный метод (с применением концевых мер). |
|   | $\pm 0,005$ мм                        |   |
| Измерение наружного и внутреннего диаметров винтовой нарезки      | $\pm 0,005$ мм                        | Абсолютный метод (с помощью только микропар)      |
|   | $\pm 0,005$ мм                        |   |
| Измерение среднего диаметра                                       | $\pm 0,005$ мм                        |   |
| Измерение шага винтовой нарезки                                   | $\pm 0,004 - 0,005$ мм                |   |
| Измерение угла профиля при шаге S:                                |                                       |   |
| менее 0,5 мм  | $\pm \left( 3 + \frac{7}{S} \right)'$ |   |
| более 0,5 мм  | $\pm \left( 3 + \frac{4}{S} \right)'$ |   |

### III. ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА И КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

(рис. 1).

Схема оптики прибора с осветительной системой представлена на рисунке 1.

Пучок лучей от источника света (1), пройдя светофильтр (2) и диафрагму (3), попадает на зеркало (4), которое изменяет направление его на  $90^\circ$  от первоначального, проходит затем через конденсор (5) и стекло предметного столика (6) и освещает измеряемый объект (А). Если объект прозрачный, то пучок освещает отдельные элементы объекта и поступает в микроскоп, а если непрозрачный, то в микроскоп попадают лучи, идущие касательно к боковым поверхностям объекта, вследствие чего в поле зрения микроскопа наблюдается теневой контур объекта. Это имеет место в том случае, когда измерения производятся в проходящем свете.

От измеряемого объекта лучи попадают в микроскоп, где: 7, 7а и 7б — сменные объективы, 8 — призма, 9 — защитные стекла, 10 — градусный лимб, 11 — пластинка со штриховой сеткой и 12 — окуляр.

Изображение измеряемого объекта, получаемого в фокальной плоскости окуляра, в результате преломления лучей в системе линз объектива, рассматривается в увеличенном виде через окуляр. Благодаря наличию призмы 8, рассматриваемый предмет виден через окуляр в прямом (не перевернутом) виде и все перемещения предмета воспринимаются соответственно действительным направлениям перемещений.

Общий вид прибора представлен на рис. 2.

Основанием прибора служит чугунная станина (18), на которой смонтирован измерительный стол (19) с микрометрами продольного (28) и поперечного (27) перемещений, колонка (20), по направляющим которой при по-

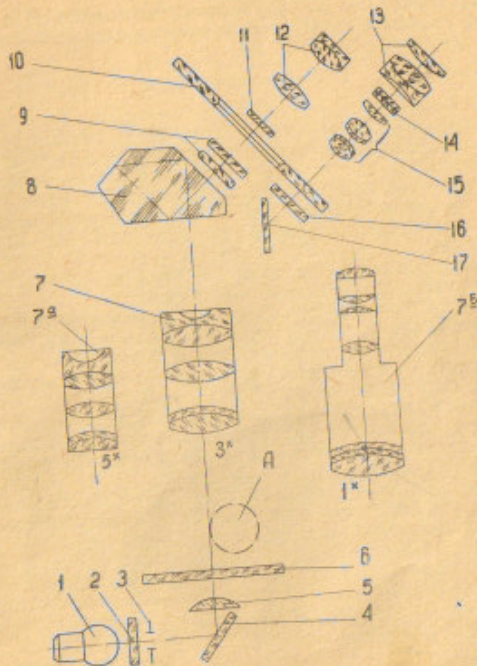


Рис. 1

мощи маховичков (23) перемещается крошечной (22) с микроскопом. В задней стороне вмонтировано осветительное устройство — фонарь (34).

### 1. Измерительный стол

(рис. 2).

Измерительный стол 19 установлен на салазках и может перемещаться в двух взаимно-перпендикулярных направлениях при помощи микрометрических винтов. Величина перемещения стола определяется по масштабным гильзам и барабанам, связанным с микрометрическими винтами. Цена деления на барабане 0,005 мм. Шаг микровинта 1 мм.

В верхней части стола имеется предметное стекло, на которое ставятся измеряемые объекты.

В продольном направлении стол может перемещаться независимо от микрометрического винта на длину 50 мм. Таким образом, применяя плоскопараллельные концевые меры длины в продольном направлении, можно измерять длину до 75 мм.

Стол микроскопа находится под действием сильных пружин, что обеспечивает необходимый доведенной площадью стола.

При работе с применением плоскопараллельных концевых мер длины, они укладываются на специальную шлифованную площадку (33).

При выполнении измерительных операций, стол приходится часто отводить в крайнее левое положение, при котором он теряет контакт с микровинтом. Возвращение его в исходное положение происходит под действием вышеуказанных пружин.

Во избежание ударов, движение стола замедляется специальным механизмом — амортизатором.

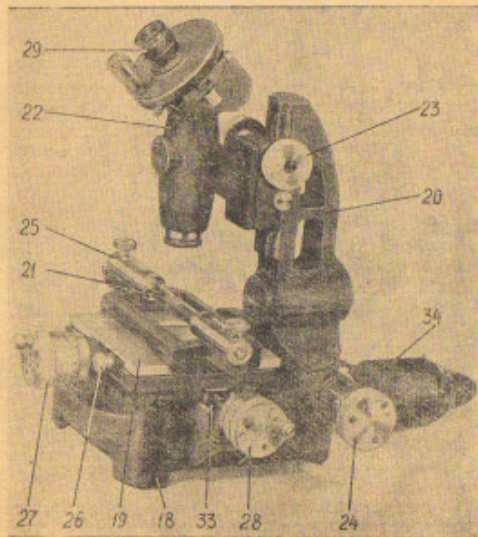


Рис. 2

Амортизатор работает только при движении измерительного стола слева направо. При этом механизм посредством ряда шестерен вызывает вращение крыльчатки. Крыльчатка испытывает сопротивление воздуха, что и создает равномерность в перемещении стола.

## 2. Бабка с центрами

Бабка с центрами 25 (рис. 2) применяется для закрепления деталей, имеющих внутренние и наружные центры. Устанавливается она на верхнюю плиту измерительного стола так, чтобы осевая линия центров была параллельна продольному направлению стола.

## 3. Призма для бесцентровых деталей

Для закрепления деталей, не имеющих ни внутренних, ни наружных центров, применяется призма (рис. 3).

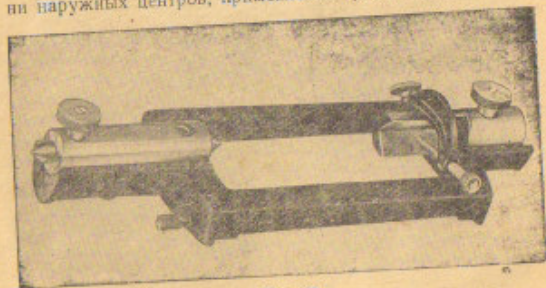


Рис. 3

Для установки линии центров в направлении, параллельном продольному ходу, измерительный стол можно поворачивать вокруг вертикальной оси на угол  $\pm 5^\circ$  с помощью микрометрического приспособления 26 (рис. 2).

## 4. V-образное приспособление

(рис. 4).

V-образное приспособление состоит из двух, не скрепленных между собой призм. Направляющие плоскости призм составляют между собой угол  $120^\circ$ . Это приспособление применяется для укладки на него цилиндрических деталей, не имеющих центров или превышающих по своей длине рабочие пределы бабки с раздвижными центрами. Закрепляется приспособление (призмы) на измерительном столе с помощью струбцинок (37), могущих передвигаться вдоль T-образного паза планки.

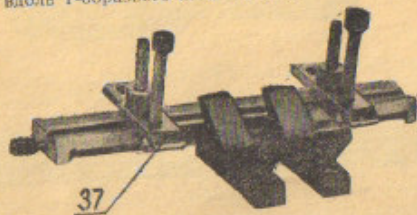


Рис. 4

Для закрепления мелких деталей к прибору прилагается, кроме вышеуказанных крепительных приспособлений, еще одно специальное приспособление, указанное на рис. 5.

## 5. Контрольный валик

(рис. 6).

Контрольный валик (рис. 2, поз. 21 и рис. 6) предназначен для фокусировки микроскопа в горизонтальную

плоскость, совпадающую с линией центров бабки, для установки линии центров параллельно продольному ходу стола, а также для проверки совпадения линии центров с осью вращения колонки.

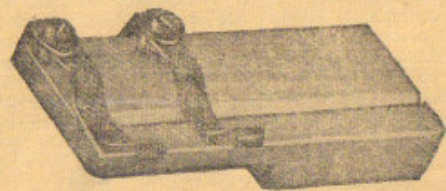


Рис. 5



Рис. 6

#### 6. Колонка

Колонка 20 (рис. 2) служит для закрепления на ней микроскопа. Тубус 22 через ползушку соединяется с колонкой 20. Перемещение крошечина по колонке вверх и вниз осуществляется с помощью кремальберного механизма, приводимого в действие маховичком 23.

С помощью маховичка 24 колонка может наклоняться от вертикального положения влево и вправо на  $10^\circ$ . Угол наклона определяется по шкале, нанесенной на гильзе ма-

ховичка. Цена деления шкалы 30 минут. Наклон производится для получения резких изображений резьбовых и других профилей, наблюдаемых под углом их подъема.

#### 7. Окулярные головки

В комплект прибора могут входить четыре окулярных головки: угломерная окулярная головка 29 (рис. 2), прикладываемая к прибору; радиусная головка 31 (рис. 9), резьбопрофильная головка и головка двойного изображения 32 (рис. 11), прикладываемые по требованию заказчика.

##### а) Угломерная окулярная головка

Угломерная окулярная головка предназначена для выполнения линейных и угловых измерений и является наиболее существенной частью микроскопа.

Внутри корпуса головки имеется стеклянная пластинка со штриховой сеткой (рис. 7) и круговая шкала, разделенная по окружности на 360 равных частей. Пластинка со штриховой сеткой и лимб градусной шкалы жестко связаны между собой и имеют общий центр вращения, который находится на оптической оси микроскопа. Штриховая сетка наблюдается в окуляр главного микроскопа, а градусная и минутная шкала — в отсчетный угломерный микроскоп.

Поле зрения в отсчетный микроскоп представлено на рис. 8.

Схема оптики отсчетного угломерного микроскопа с осветительной системой показана на рис. 1, где:

17 — зеркало для освещения градусной и минутной шкалы,

- 16 — зеленый светофильтр,
- 15 — объектив микроскопа,
- 14 — минутная шкала,
- 13 — окуляр микроскопа,
- 10 — градусная шкала.

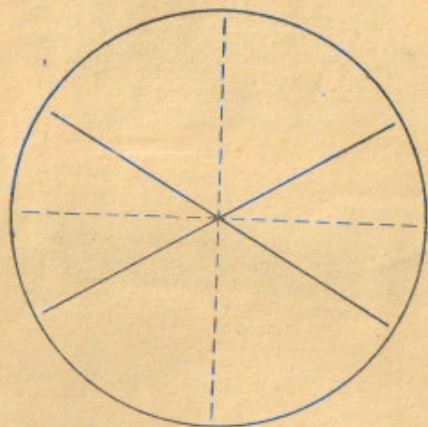


Рис. 7

Освещенная часть градусной шкалы проектируется на минутную шкалу, 60 делений которой соответствуют одному делению градусной шкалы (см. рис. 8), следовательно, цена деления угломерной шкалы равняется одной минуте.

Угломерная окулярная головка — съёмная, и может быть заменена радиусной головкой или головкой двойного изображения.

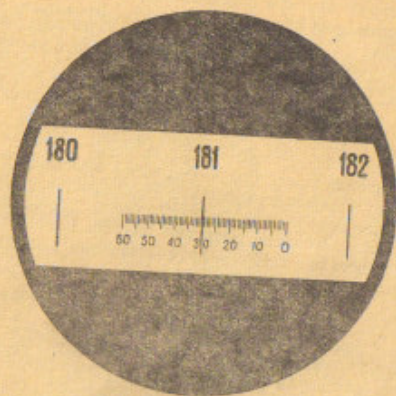


Рис. 8

б) Радиусная головка  
(рис. 9)

Радиусная головка предназначается для определения радиусов закруглений разных изделий. Контур закругления деталей проектируется объективом микроскопа на

стеклянный диск, на котором нанесены профили дуг нормальных радиусов. Картина, которая наблюдается через окуляр головки при измерении радиуса закругления изделия, представлена на рис. 10.

Увеличение окуляра составляет 10 $\times$ . Головка рассчитана на применение объективов 1 $\times$  и 3 $\times$ . Вращение диска осуществляется при помощи маховичка 36 (рис. 9). Закрепляется она в верхней части тубуса, вместо других окулярных головок.

в) Окулярная головка двойного изображения

(рис. 11)

Эта головка предназначена для измерения расстояний между центрами отверстий, имеющих ось симметрии, а также для измерения расстояний между штрихами шкал и сеток. Схема оптики показана на рис. 12. Увеличение окуляра составляет 10 $\times$ . Закрепляется она так же, как и другие окулярные головки.

г) Резьбопрофильная головка

Резьбопрофильная головка предназначена для измерения угла высоты и наклона профиля резьбы, шага и среднего диаметра резьбы. Контур измеряемой детали проектируется объективом микроскопа на стеклянный диск, на котором нанесены штриховые контуры профилей метрической резьбы для шага от 0,2 мм до 6 мм и дюймовой резьбы от 24 до 4 ниток на дюйм. Картина, наблюдаемая через окуляр головки, показана на рис. 13.

Головка рассчитана на применение объектива 3 $\times$ . Закрепляется она в верхней части тубуса вместо других окулярных головок.

8. Объективы микроскопа

К прибору прилагаются три объектива: 1 $\times$ , 3 $\times$  и 5 $\times$ .

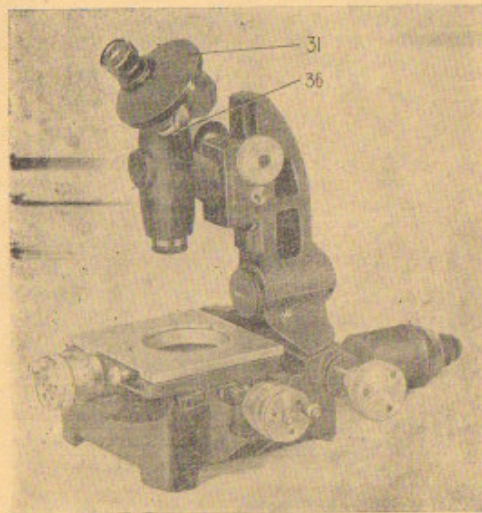


Рис. 9

Учитывая, что увеличение окуляров всех головок  $10\times$ , то общее увеличение на микроскопе можно получить  $10\times$ ,  $30\times$  и  $50\times$ .

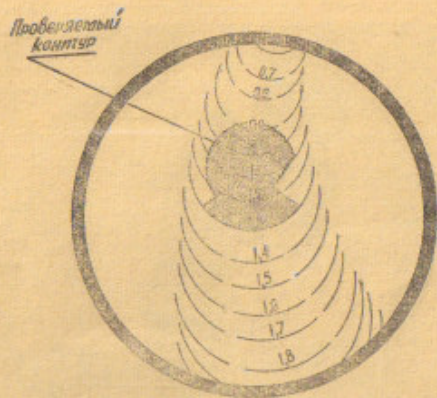


Рис. 10

### 9. Контактное приспособление (оптический щуп) для измерения отверстий

Контактное приспособление (рис. 19) предназначается, главным образом, для измерения внутренних размеров. Контактные наконечники используются также при измерении наружных размеров в тех случаях, когда визиование с помощью микроскопа точек, между которы-

18

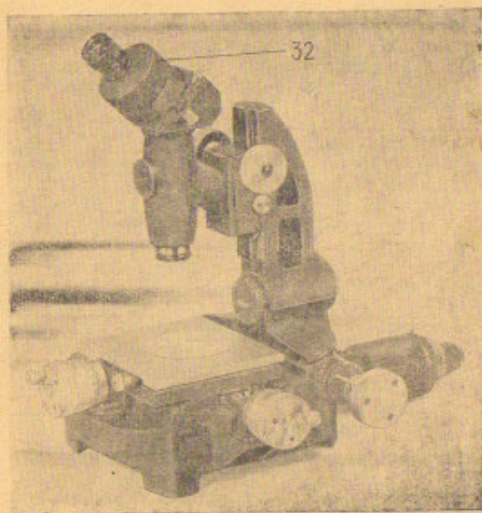


Рис. 11

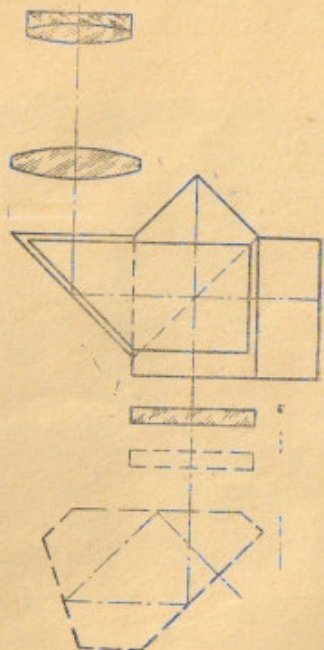


Рис. 12

ми производится измерение, не может быть достигнуто с надлежащей точностью.

При измерении необходимо пользоваться объективом увеличения  $3\times$ .

Приспособление закрепляется на оправе объектива гайкой (1); качающийся на горизонтальной оси рычаг (2) имеет на свободном конце сферическую измерительную поверхность. На другом конце рычага, скрытом в корпусе приспособления, закреплено плоское зеркало, расположенное под углом  $45^\circ$  к оптической оси микроскопа. Зеркало отражает штриховую сетку (биссектор), заключенную в оправе (3) и освещаемую электрической лампочкой  $6,3\text{в} \times 0,28\text{а}$ .

Изображение биссектора приспособления попадает в плоскость основной окулярной сетки микроскопа. При отклонении рычага (2) в ту и другую сторону на  $5^\circ$  от среднего положения, изображение биссектора приспособления будет перемещаться относительно креста нитей окулярной сетки.

Резкость изображения биссектора приспособления регулируется поворотом оправы (3). Рычаг (2) под действием пружины оттягивается вправо или влево. Переключение направления действия пружины производится поворотом кольца с накаткой (4).

Принципиальная схема действия приспособления показана на рис. 20.

#### 10. Осветители

Освещение детали при измерении в проходящем снизу свете может быть естественным и искусственным. При измерении с применением естественного освещения в кожух осветителя вставляется матовое стекло в оправе (рис. 14), а при применении искусственного освещения в кожух вставляется осветитель 34 (рис. 2) и включается непосредственно в электрическую сеть соответствующего напряжения.



Рис. 13



Рис. 14

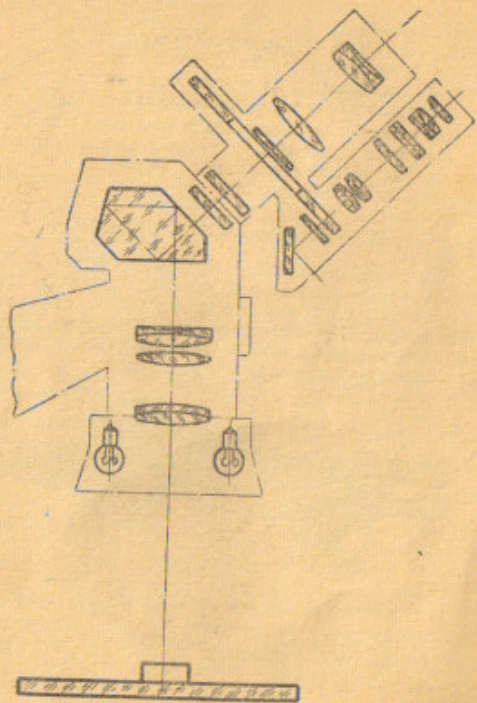


Рис. 15

Многие детали не позволяют производить измерения в проходящем свете, например, матрицы, пуансоны с фланцами, клеи и др. В этом случае пользуются отраженным светом и применяют специальный осветитель (рис. 15), который закрепляется на объективе главного микроскопа и включается в сеть через понижающий трансформатор.

При недостаточном освещении градусной шкалы угломерной головки на тубус микроскопа насаживается осветитель (рис. 16), который также включается в сеть через понижающий трансформатор.

#### IV. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРИБОРА

Измерения на приборе могут вестись различными методами. Выбор нужного метода зависит в первую очередь от конфигурации размеров и других особенностей измеряемого объекта. При измерении деталей, контур которых не перекрывается какими-либо выступающими частями, работу следует вести в проходящем свете.

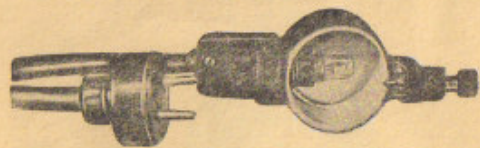


Рис. 16

При измерении изделий, контур которых заслонен от проходящего света какими-либо имеющимися выступами, при проверке глухих отверстий, разметок и т. п. пользуются отраженным светом.

Увеличение следует выбирать в зависимости от необходимой величины поля зрения. При всех других равных условиях следует пользоваться возможно большим увеличением.

При измерении изделий цилиндрической формы следует применять диафрагму, руководствуясь таблицей 2 (стр. 42).

#### 1. Измерение элементов резьбы

Инструментальный микроскоп типа ММИ позволяет проверять следующие элементы резьбы болтов и метчиков (с четным числом шагов).

Наружный диаметр ( $d_0$ ), внутренний диаметр ( $d_1$ ), средний диаметр ( $d_{cp}$ ), шаг  $S$  и половины угла профиля  $\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ .

Эти же элементы, за исключением среднего диаметра, можно проверять и у резьбового калибра.

##### а) Измерение наружного диаметра резьбы и диаметра гладких цилиндрических деталей

Для определения наружного диаметра резьбы градусную шкалу устанавливают в нулевое положение. Изделие зажимают в центрах. Совмещают с помощью поперечного микровинта изображение вершин профиля резьбы с горизонтальной пунктирной линией штриховой сетки окулярной головки и производят первый отсчет по микрометру. С помощью этого же микровинта перемещают измерительный стол с деталью до совмещения изображения вершин профиля противоположной стороны резьбы с той же пунктирной линией штриховой сетки и производят второй отсчет.

Число отсчетов надо доводить до двух—трех и результаты усреднять. За окончательный результат измерения следует принимать разность между усредненными данными.

ми, полученными на каждой стороне резьбы. Измерение диаметров гладких цилиндрических деталей производится аналогично.

#### б) Измерение внутреннего диаметра резьбы

Измерение внутреннего диаметра производится методом, указанным для измерения наружного диаметра, но не менее чем в двух сечениях, перпендикулярных оси резьбовой детали\*).

#### в) Измерение среднего диаметра

Предварительно, также как и при измерении наружного и внутреннего диаметров, резьбовую деталь, зажатую в центрах, устанавливают параллельно продольному ходу предметного стола. Наклонив колонку на угол, равный углу подъема резьбы изделия, совмещают одну из пунктирных линий штриховой сетки с изображением стороны профиля резьбы детали, действуя, при необходимости, на поперечный и продольный микровинты. Отметив первый отсчет по поперечному микровинту, перемещают стол этим же винтом до появления диаметрально противоположной параллельной стороны профиля резьбы. Наклонив колонку на тот же угол, но в противоположную сторону, снова совмещают пунктирную линию сетки с профилем резьбы и производят второй отсчет.

Разность отсчетов даст величину среднего диаметра резьбы, измеренного по одной стороне профиля.

\* ) Для устранения влияния мертвого хода микровинтов прибора на результат измерения следует перемещать измерительный стол так, чтобы при совмещении теневого контура детали с пунктирной линией сетки края теневого контура подходили к этой линии с одной и той же стороны, для чего необходимо вращать барабан микровинта в одну и ту же сторону.

После этого совмещают с пунктирной линией штриховой сетки другую сторону профиля резьбы и повторяют измерения в том же порядке.

Фактической величиной среднего диаметра резьбы для данной нитки, является среднее арифметическое из полученных результатов измерений по правым и левым сторонам профиля.

#### г) Измерение шага S

(Рис. 17)

Измерение шага резьбы может быть произведено с отсчетом по продольному микровинту прибора и с применением плоско-параллельных концевых мер длины.

При измерении колонку прибора необходимо наклонить на угол подъема резьбы. Затем совмещают с помощью продольного и поперечного микровинтов и одновременного вращения маховичка лимба угломерной головки изображение стороны профиля резьбы детали с одной из пунктирных линий сетки угломерной головки. Отсчеты производятся по продольному микровинту. Как первый отсчет, так и все последующие должны являться средним арифметическим из нескольких отсчетов, которые осуществляются путем неоднократных совмещений измеряемого контура с пунктирной линией угломерной головки. При измерении шага только микровинтом перемещают стол до совмещения с той же пунктирной линией угломерной головки изображения стороны следующего витка профиля резьбы и производят второй отсчет.

Разность полученных отсчетов даст величину шага (или суммы шагов, если перемещают стол на соответствующее расстояние), измеренного по одной стороне профиля.

Затем лимб угломерной головки поворачивают так, чтобы одна из его пунктирных линий была параллельна

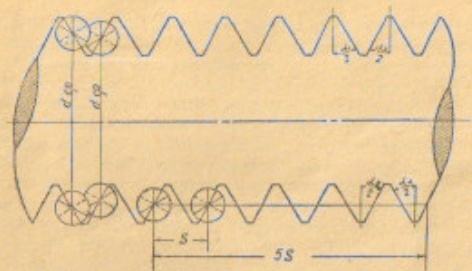


Рис. 17

изображению второй стороны профиля резьбы, и повторяют измерение способом, указанным выше.

Действительным размером шага на данном участке будет являться среднее арифметическое из полученных результатов измерений по левым и правым сторонам профиля.

При измерении концевыми мерами, необходимо после совмещения изображения стороны одного из витков резьбы с пунктирной линией сетки и производства первого отсчета по продольному микрошпигу отвести измерительный стол влево и поместить концевую меру.

Число витков ( $n$ ), между которыми производится измерение, умноженное на номинальный шаг ( $S$ ) резьбы, должно быть равно размеру установленной концевой меры.

При правильном шаге пунктирная линия в поле зрения окажется совмещенной с изображением стороны соответствующего витка.

Если этого совмещения не наблюдается, то оно достигается вращением продольного микрошпигу. Разность показаний по барабану микрошпигу до и после совмещения даст величину погрешности шага на данной длине.

Измерение следует повторить, совмещая с пунктирной линией угломерной головки вторые образующие профиля резьбы. Действительным размером шага на данном участке будет являться среднее арифметическое из полученных результатов измерений по правым и левым сторонам профиля.

Измерение шага по правым и левым сторонам профиля резьбы необходимо для исключения ошибки, могущей возникнуть за счет несовпадения оси витка с линией центров. Шаг измеряется со стороны профиля, обращенной к наблюдателю, и с противоположной стороны (см. рис. 18). Среднее арифметическое из четырех полученных результатов измерений принимают за действительный размер шага на данном участке.

$$S_n = \frac{S_{1n} + S_{2n} + S_{3n} + S_{4n}}{4}$$

Пример подсчета:

Производится измерение резьбы с номинальным шагом — 2 мм.

При измерении между крайними витками получены следующие результаты:

Слев.<sub>n</sub> = 10,006 мм; Справ.<sub>n</sub> = 10,002 мм.

$$S_n = \frac{S_{лев. n} + S_{прав. n}}{2} = \frac{10,006 + 10,002}{2} = 10,004 \text{ мм.}$$

#### д) Измерение половины угла профиля

Измерение половины, а не целого угла необходимо для того, чтобы можно было судить о наклоне профиля к оси резьбы («спяная» резьба). Проекционный метод дает возможность выявить ошибки, вызываемые искажением профиля вследствие проектирования контура резьбы, а не осевого сечения. При измерении угла совмещают одну из линий штриховой сетки со стороной профиля резьбы и отсчитываются половины угла профиля (см. рис. 17).

Если биссектриса угла профиля перпендикулярна оси резьбы, то полученные углы должны быть равны.

В случае неравенства этих углов, отклонение биссектрисы угла профиля от перпендикулярности к оси резьбы изделия может быть определена как половина разности между полученными значениями углов  $\frac{\alpha_1}{2} - \frac{\alpha_2}{2}$ .

Для исключения систематических ошибок измерения, являющихся результатом непараллельности оси резьбы

продольному измерительному направлению, половины угла профиля следует измерять в одном осевом сечении, но с двух противоположных сторон.

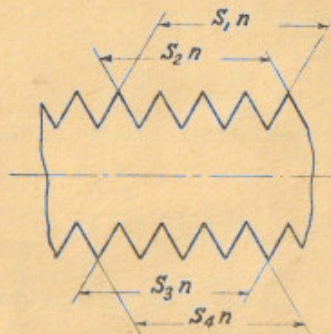


Рис. 18

При этом действительные значения половины угла профиля (правой и левой) определяют, как среднее арифметическое из результатов измерений, произведенных по соответствующей стороне профиля, по следующим формулам:

$$\frac{\alpha}{2} \text{ прав.} = \frac{\frac{\alpha_3}{2} + \frac{\alpha_4}{2}}{2}$$

$$\frac{\alpha}{2} \text{ лев.} = \frac{\frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{2}}{2}$$

Для осуществления измерения половины угла профиля на противоположной стороне резьбовой детали следует наклонить колонку прибора в противоположную сторону на угол, равный углу подъема резьбы.

Вследствие наклона колонки микроскопа (особенно при измерении резьб с углом подъема свыше  $4^\circ$ ), полученные в результате измерения значения половины угла профиля меньше действительных их значений.

Для получения тангенса действительных значений половины угла профиля, следует тангенс измеренных значений половины угла профиля разделить на косинус угла подъема резьбы.

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}}{\operatorname{Cos} \beta}$$

где:

$\frac{\alpha}{2}$  — искомая половина угла профиля (половина угла профиля в осевом сечении).

$\frac{\alpha_1}{2}$  — измеренная половина угла профиля (половина угла профиля в сечении, расположенном под углом  $S$  к осевому сечению).

$\beta$  — угол подъема резьбы.

Например: допустим, что при измерении угла профиля резьбы с углом подъема  $4^\circ$  на стороне профиля резьбовой детали, ближайшей к наблюдателю, получены отсчеты (средние из трех)  $329^\circ 52'$ ;  $29^\circ 54'$ , соответствующие им половины угла профиля равны:

$$\frac{\alpha_2}{2} = 30^\circ 8' \quad \frac{\alpha_1}{2} = 29^\circ 54'$$

На противоположной стороне профиля резьбовой детали получены отсчеты  $30^\circ 2'$ ;  $329^\circ 56'$  (средние из трех). Соответствующие им половины угла профиля равны:

$$\frac{\alpha_1}{2} = 30^\circ 2' \quad \frac{\alpha_2}{2} = 30^\circ 4'$$

Среднее значение половины угла профиля равно для левой половины угла:

$$\frac{\frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{2}}{2} = \frac{30^\circ 2' + 30^\circ 8'}{2} = 30^\circ 5'$$

Для правой половины угла:

$$\frac{\frac{\alpha_3}{2} + \frac{\alpha_4}{2}}{2} = \frac{30^\circ 4' + 29^\circ 54'}{2} = 29^\circ 59'$$

Для получения более точного результата, воспользуемся формулой, указанной выше:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{ лев.} &= \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{ лев.}}{\operatorname{Cos} \beta} = \frac{\operatorname{tg} 30^\circ 5'}{\operatorname{Cos} 4^\circ} \\ &= \frac{0,57929}{0,99756} = 0,58070, \quad \frac{\alpha}{2} \text{ лев.} \approx 30^\circ 9'. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{ прав.} &= \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{ прав.}}{\operatorname{Cos} \beta} = \frac{\operatorname{tg} 29^\circ 59'}{\operatorname{Cos} 4^\circ} = \frac{0,57696}{0,99756} \\ &= 0,57837, \quad \frac{\alpha}{2} \text{ прав.} \approx 30^\circ 3'. \end{aligned}$$

Отклонение биссектрисы угла профиля от перпендикулярности оси изделия равно:

$$\frac{30^{\circ}9' - 30^{\circ}3'}{2} = 3'$$

Погрешности измерений половины угла профиля да резьбы с шагом менее 1 мм сильно возрастают, ввиду трудности правильного совмещения изображения стороны профиля (очень малой длины) с пунктирной линией сетки.

Уменьшение погрешностей измерения достигается повторными измерениями, что особенно важно при измерениях резьбы с малой величиной шага.

## 2. Измерение конусов

Правильность конуса определяется половиной угла конуса « $\alpha$ » (угол наклона). Этот угол следует считать заданным, если известна конусность изделия. Конусность « $K$ » определяется измерением диаметров в двух поперечных сечениях конуса на известной длине:

$$K = \frac{D - d}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha, \text{ где:}$$

$D$  — диаметр конуса в большом сечении.

$d$  — диаметр конуса в меньшем сечении.

$L$  — длина между этими сечениями.

Следовательно, для практического определения конусности, изделие закрепляют в центрах бабки, измеряют диаметры в двух сечениях и определяют расстояние между этими сечениями.

При этих измерениях необходимо пользоваться точкой пересечения линий штриховой сетки, т. е. перекрестием.

## 3. Измерение расстояний между центрами отверстий

Измеряемый объект с помощью угломерной головки устанавливают так, чтобы ось, соединяющая центры отверстий, была параллельна ходу стола, затем взамен угло-

мерной головки устанавливают головку двойного изображения (рис. 11).

Фокусируют микроскоп на одно из отверстий. В поле зрения будет наблюдаться раздвоенное изображение этого отверстия. После совмещения этих изображений производят первый отсчет. Затем микровинтом подводят в поле зрения раздвоенное изображение второго отверстия, совмещают их в одно и производят второй отсчет.

Разность отсчетов будет равна измеряемому расстоянию между центрами отверстий.

При этих измерениях следует пользоваться объективами  $3^{\times}$  и  $5^{\times}$ .

## 4. Измерение радиусов кривизны

Радиусная головка устанавливается на микроскоп таким же образом, как и основная — угломерная головка. Измеряемое изделие помещается на стол прибора. Видимый контур шаблона (см. рис. 10) совмещается с штриховым профилем в окуляре микроскопа, причем оценка величины погрешности радиусов производится «на глаз».

## 5. Измерение контактным приспособлением

Проверяемое кольцо устанавливается и закрепляется на столе микроскопа. Рычаг (2), введенный в кольцо, под действием пружины прижимается к внутренней поверхности кольца. Действуя микрометрическим винтом продольных салазок, добиваются положения, при котором штрих окулярной сетки приспособления будет находиться строго между нитями сетки микроскопа. Медленно перемещая стол микроскопа в ту и другую сторону в поперечном направлении и следя за положением нитей сеток, необходимо убедиться в том, что точка касания измерительного наконечника с внутренней поверхностью кольца лежит на диаметре (а не на хорде), параллельном продольному ходу стола.

После надлежащего совмещения нитей сеток произ-

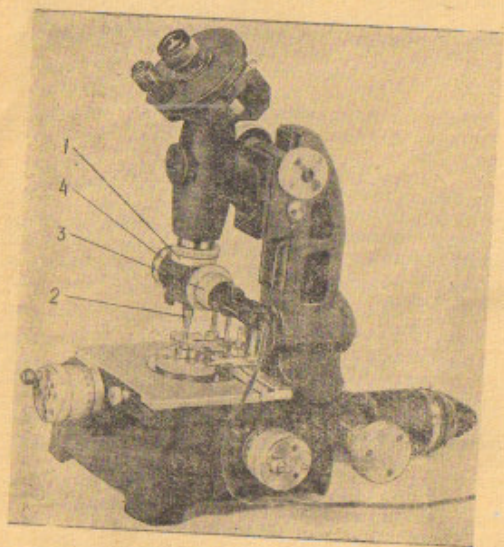


Рис. 19

водится отсчет по шкале продольного хода салазок. Затем, действуя поворотом кольца (4), переключают направление действия пружины и перемещают стол в продольном направлении до тех пор, пока наконечник рычага не коснется внутренней поверхности кольца с другой стороны.

Добившись совмещения нитей окулярной сетки микроскопа и биссектора приспособления, производят отсчет по шкале продольного хода салазок. Разность отсчетов плюс диаметр наконечника выразит величину диаметра кольца\*. Описанное приспособление может быть использовано также для измерения ширины пазов деталей и для наружных измерений. Пределы измерения приспособления при установке на малом инструментальном микроскопе составляют  $5 \div 70$  мм.

Глубина погружения наконечника — 13 мм, измерительное усилие 10—20 гр. Точность измерений с помощью описанного приспособления несколько выше точности, достигаемой при обычных измерениях на микроскопе, так как фиксирование точек, между которыми измеряется расстояние, производится точнее при механическом контакте, нежели при визировании с помощью микроскопа увеличением  $30\times$ .

#### V. ПРАВИЛА УХОДА ЗА ПРИБОРОМ

Инструментальный микроскоп типа ММИ, как всякий оптический прибор, требует осторожного и аккуратного обращения, надежной, предохраняющей от сотрясений установки, сухости и чистоты помещения, нормальных температурных условий.

Микроскоп должен быть установлен на прочном столе,

\* Действительный размер диаметра наконечника рекомендуется периодически проверять с точностью до  $0,0005$  мм.

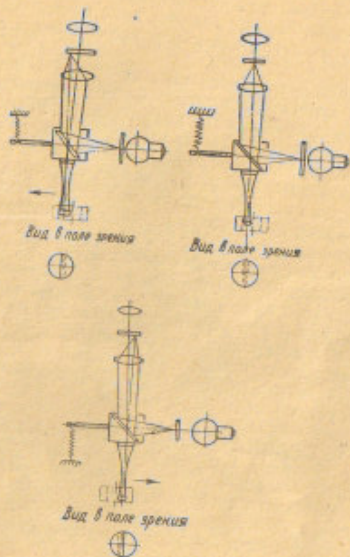


рис. 20

Схема работы приспособления.

защищенном от толчков и сотрясений, расположенном подале от наружных стен, окон и батарей отопления.

Для предохранения рабочих поверхностей от коррозии, их следует перед измерениями протирать слегка провазелинированной салфеткой так, чтобы на поверхности осталась тонкая жировая пленка. В случае длительной эксплуатации прибора необходимо проверить плавность ходов всех подвижных механизмов его и смазывать трущиеся части вазелином или специальными смазками.

Наружные поверхности оптических деталей при чистке сначала смахивают мягкими волосными кисточками, обдувают струей воздуха из резиновой груши, а затем, если потребуется, протирают чистым обезжиренным ватным тампоном, смоченным в спирте, или в спирто-эфирной смеси. Тампон, накрученный на деревянную палочку, должен заменяться после каждой отдельной протирки. Необходимо избегать избытка эфира, т. к. он будет выжиматься при протирке и затекать под оправу.

Установка отдельных приспособлений на прибор должна производиться аккуратно, с соблюдением всех предосторожностей.

По окончании работы все приспособления укладываются в предназначенный для них ящик, а прибор закрывается матерчатым чехлом для предохранения от пыли.

## VI. КОМПЛЕКТНОСТЬ, РАСПАКОВКА, УСТАНОВКА И ХРАНЕНИЕ ПРИБОРА

В комплект прибора входят следующие части и приспособления:

1. Собственно микроскоп, состоящий из узлов:
  - ✓ а) тубуса микроскопа с объективом 3<sup>x</sup> увеличения;
  - ✓ б) окулярной штриховой головки;
  - ✓ в) основания с измерительным столом и колонкой;
  - ✓ г) фонаря.
2. Матовое стекло в оправе.

✓3. Сменные объективы — 1\*, 5\*.

4. Набор концевых мер второго класса точности, сделанных в соответствии с нормалью завода-изготовителя\*).

а) длиной 25 мм

1 шт.

✓б) длиной 50 мм

1 шт.

✓5. Приспособления для закрепления установочных измерительных изделий на столе прибора:

✓а) бабка с центрами;

✓б) призма для бесцентровых предметов;

в) две призматические стойки и прижим к ним;

✓г) прижим для закрепления на измерительном столе деталей малого диаметра.

✓б. Контрольный валик.

7. Осветитель угломерной шкалы.

✓8. Осветитель для работы в отраженном свете.

✓9. Трансформатор для сети напряжением 127 вольт (220 вольт), понижающий напряжение на 6 вольт.

✓10. Контактное приспособление (оптический щуп) для измерения отверстий.

11. ЗИП, состоящий из беличьей кисти, салфетки, запасного предметного стекла и пяти лампочек 6,3в×0,28в.

✓12. Чехол.

✓13. Ящик для укладки приспособлений 1 шт.

✓14. Ящик для укладки прибора и ящика с приспособлениями.

\* Концевые меры должны соответствовать требованиям ОСТ 85000-39 для класса 2 и дополнительному условию: углы между измерительными поверхностями и опорной плоскостью концевой меры (сторона, противоположная маркировке) должны быть равными  $90^\circ \pm 2'$ .

По требованию заказчика завод прикладывает окулярную головку двойного изображения, резьбопрофильную головку и радиусную головку.

При распаковке прибора недопустимы толчки или удары. Распаковав внешний ящик и вынув из него специальный ящик с приспособлениями, приступают к распаковке прибора.

Сначала надо снять тубус микроскопа. Затем, отвернув соответствующие гайки, вынуть из ящика трансформатор. Отвертывают три гайки, снимают крепящую стол доску, вынимают три болта, снимают с них деревянные стойки и вынимают прибор из ящика. Установив прибор на соответствующее, отведенное для него место, снимают красные упорные планки, крепящие стол.

Пушечное сало с поверхности измерительного стола снимается деревянной палочкой с последующей протиркой салфеткой или ватой. Барабаны микровинтов, винт наклона фермы и наружные концы направляющих салазок освобождаются от вазелиновой смазки.

После этого указанные части протирают сначала смоченной в бензине салфеткой, а затем сухой салфеткой.

При необходимости перевозки прибора он, во избежание повреждения, должен быть также тщательно упакован. Упаковка прибора производится в порядке, обратном изложенному.

Таблица № 2

| Наружный диаметр цилиндра и средний диаметр в мм | Диаметр диафрагмы в мм |                  |                  |                  |
|--|------------------------|------------------|------------------|------------------|
|  | Угол профиля 30°       | Угол профиля 55° | Угол профиля 60° | Гладкие цилиндры |
| 1  | 7,5                    | 9                | 9,5              | 12               |
| 3  | 7,5                    | 9                | 9                | 11,5             |
| 5  | 7                      | 8,5              | 8,5              | 11               |
| 7,5  | 6,5                    | 8                | 8,5              | 10,5             |
| 10   | 6,5                    | 7,5              | 8                | 10               |
| 15   | 6,5                    | 7,5              | 8                | 10               |
| 20   | 6                      | 7,5              | 7,5              | 9,5              |
| 25   | 5,5                    | 6,5              | 6,5              | 8,5              |
| 30   | 5                      | 6                | 6,5              | 8                |
| 40   | 4,5                    | 5,5              | 5,5              | 7                |
| 50   | 4                      | 5                | 5                | 6                |