

4 ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

Физические основы находят широкое применение в промышленности, т.к. позволяют выполнять измерения линейных и угловых размеров с высокой точностью. Имеют большие пределы измерений, чем механические измерительные головки и могут иметь табло с цифровым отсчетом. Оптико-механические приборы по конструкции основных углов можно классифицировать на 5 групп (условно):

1. Окулярные микрометры.
2. Приборы с микроскопами.
3. Коллимационные и пружинно-оптические приборы.
4. Проекционные приборы.
5. Интерференционные средства измерений.

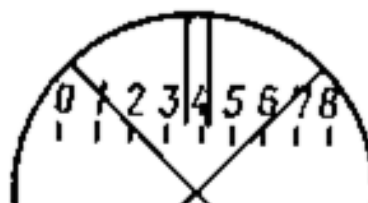
В одних приборах этого типа (измерительных машинах, длиномерах, измерительных микроскопах, проекторах) повышение точности отсчета и точности измерений достигается благодаря значительному оптическому увеличению измеряемых объектов (или шкал); в других (оптиметрах, ультраоптиметрах) — сочетанием механических передаточных механизмов с оптическим автоколлимационным устройством. Все эти приборы широко применяют в измерительных лабораториях и в цехах. Они могут быть как контактными (оптиметры, длиномеры, измерительные машины), так и бесконтактными (микроскопы, проекторы) и позволяют измерять детали по одной (оптиметры, длиномеры), двум (микроскопы, проекторы) или трем (универсальные измерительные микроскопы, специальные измерительные машины) координатам.

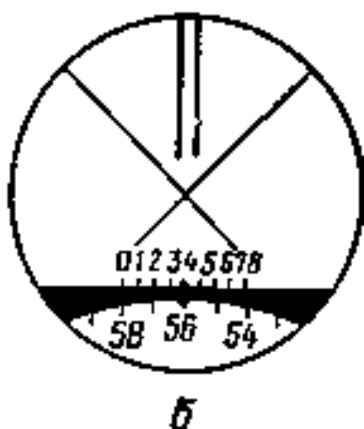
Коллимационные приборы: вертикальный **оптиметр** для относительных измерений наружных размеров; горизонтальный оптиметр для относительных измерений наружных и внутренних размеров; горизонтальный длиномер для относительных и абсолютных измерений наружных и внутренних размеров; измерительные машины для точных абсолютных измерений больших наружных и внутренних размеров; гониометр для измерений двугранных углов между плоскими полированными гранями твердых прозрачных и непрозрачных предметов;

проекционные приборы: большой и часовой проекторы для линейных и угловых измерений малогабаритных объектов; проектор для массового контроля отклонений от границ поля допуска малогабаритных деталей;

интерференционные приборы и средства: плоские стеклянные пластины для интерференционных измерений средств измерений; микроинтерферометр для измерений неровностей поверхности; контактный и лазерный интерферометры для точных измерений линейных размеров.

Винтовые окулярные микрометры изготавливают двух типов (рисунок 26): МОВ — с отсчетом по миллиметровой шкале в поле зрения и по шкале барабана с ценой деления 10 мкм вне поля зрения окуляра и — с отсчетом по миллиметровой шкале и шкале лимба с ценой деления 10 мкм в поле зрения окуляра.





а — с отсчетом по шкале вне поля зрения;
б — с отсчетом по шкале в поле зрения

Рисунок 26

На неподвижных сетках окулярных микрометров нанесены по восемь миллиметровых делений, а на подвижных — перекрестия и двойные штрихи (индексы). Подвижная сетка каждого микрометра перемещается вращением барабана микрометрического винта (с шагом 1 мм). На барабане МОВ имеется круговая шкала со 100 делениями и ценой деления 0,01 мм; барабан МОВ вращает двухступенчатую зубчатую передачу привода лимба, имеющего круговую шкалу также с 100 делениями (наблюдаемую в поле зрения) и ценой деления 0,01 мм. В МОВ делают отсчет без отрыва глаза от окуляра. Линии перекрестия наклонены под углом 45° по отношению к направлениям подвижных сеток. Перекрестие поочередно совмещают с краями изображения измеряемого предмета и разность двух отсчетов по миллиметровой шкале и по круговой шкале барабана или лимба дает размер изображения. Размер предмета получается путем деления размера изображения на увеличение объектива, дающего изображение, измеряемое окулярным микрометром.

Для точного определения цены деления барабана используют *объект-микрометр ОМП*, представляющий собой шкалу с делениями через 0,01 мм и устанавливаемый на предметном столике вместо предмета. Измерение расстояний между штрихами его шкалы позволяет уточнить цену деления круговой шкалы барабана. На неподвижной пластине *спирального окулярного микрометра ОМС* нанесены линейная шкала с десятью делениями и индекс, а на подвижной пластине — десять с небольшим витков двойной спирали Архимеда и разделенная на 100 делений круговая шкала, как показано на рисунке. Длинные оцифрованные штрихи с отметками 10, 11 и 12 представляют собой изображение миллиметровой шкалы, даваемое объективом основного прибора, на котором установлен окулярный микрометр. Цена деления линейной шкалы и цена витка спирали равны 0,1 мм каждая, а цена деления круговой шкалы равна 0,001 мм. Для отсчета по миллиметровой шкале основного прибора вращением маховичка устанавливают спиральную шкалу так, чтобы штрих миллиметровой шкалы, находящийся в зоне ее витков,

пришелся точно посередине ближайшего к нему двойного витка спирали. Целые миллиметры отсчитываются по штриху миллиметровой шкалы, десятые доли — по линейной шкале, считая от нулевой отметки, а сотые и тысячные доли миллиметра — по круговой шкале, причем на глаз можно оценить приблизительно и десятитысячные доли миллиметра.

Оптиметры (рисунок 28) выпускают с ценой деления шкалы 0,001 мм двух типов.

В их схеме (рисунок 29) использован принцип автоколлимации - свойство объектива *ОБ* превращать пучок расходящихся лучей, исходящих из точечного источника света *О*, расположенного в фокусе объектива *ОБ*, в пучок параллельных лучей, который после отражения плоским зеркалом собирается в том же фокусе объектива. Если источник света *О* расположить не в фокусе объектива, а в его фокальной плоскости на расстоянии α от главной оптической оси (рисунок), то один из лучей (центральный) пройдет по побочной оптической оси, а остальные, преломившись, пойдут параллельно побочной оптической оси. Встретившись с зеркальной плоскостью *ЗЛ*, перпендикулярной к главной оптической оси, лучи возвратятся параллельным пучком и, преломившись в объективе, соберутся в точке *О* симметричной точке *О* и находящейся на расстоянии α по другую сторону от главной оптической оси.

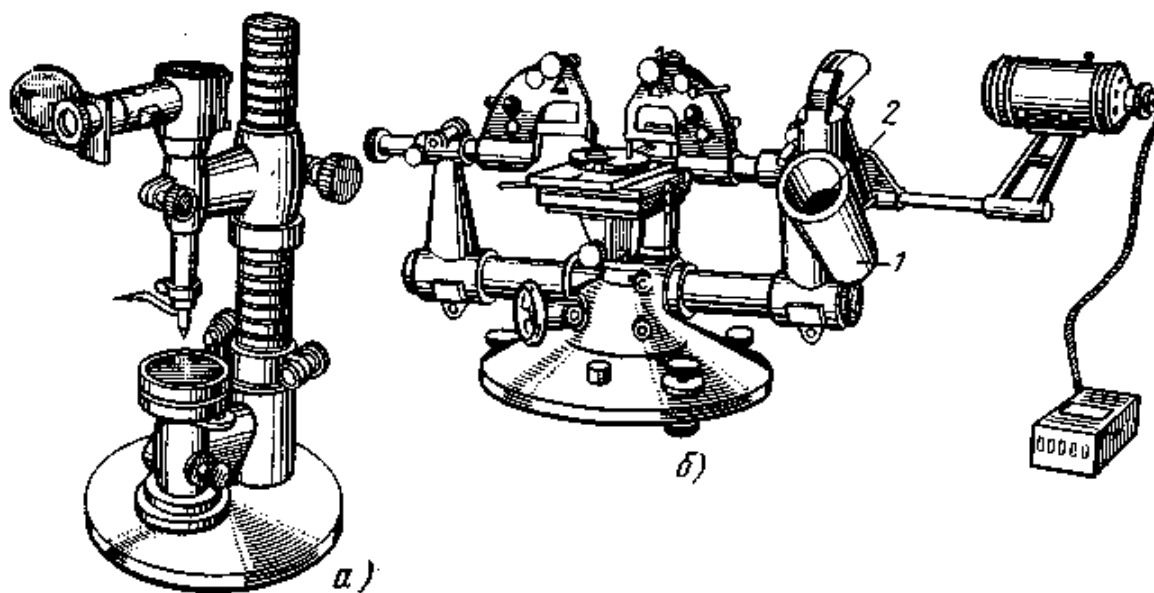


Рисунок 28 - Вертикальный (а) и горизонтальный (б) оптиметр

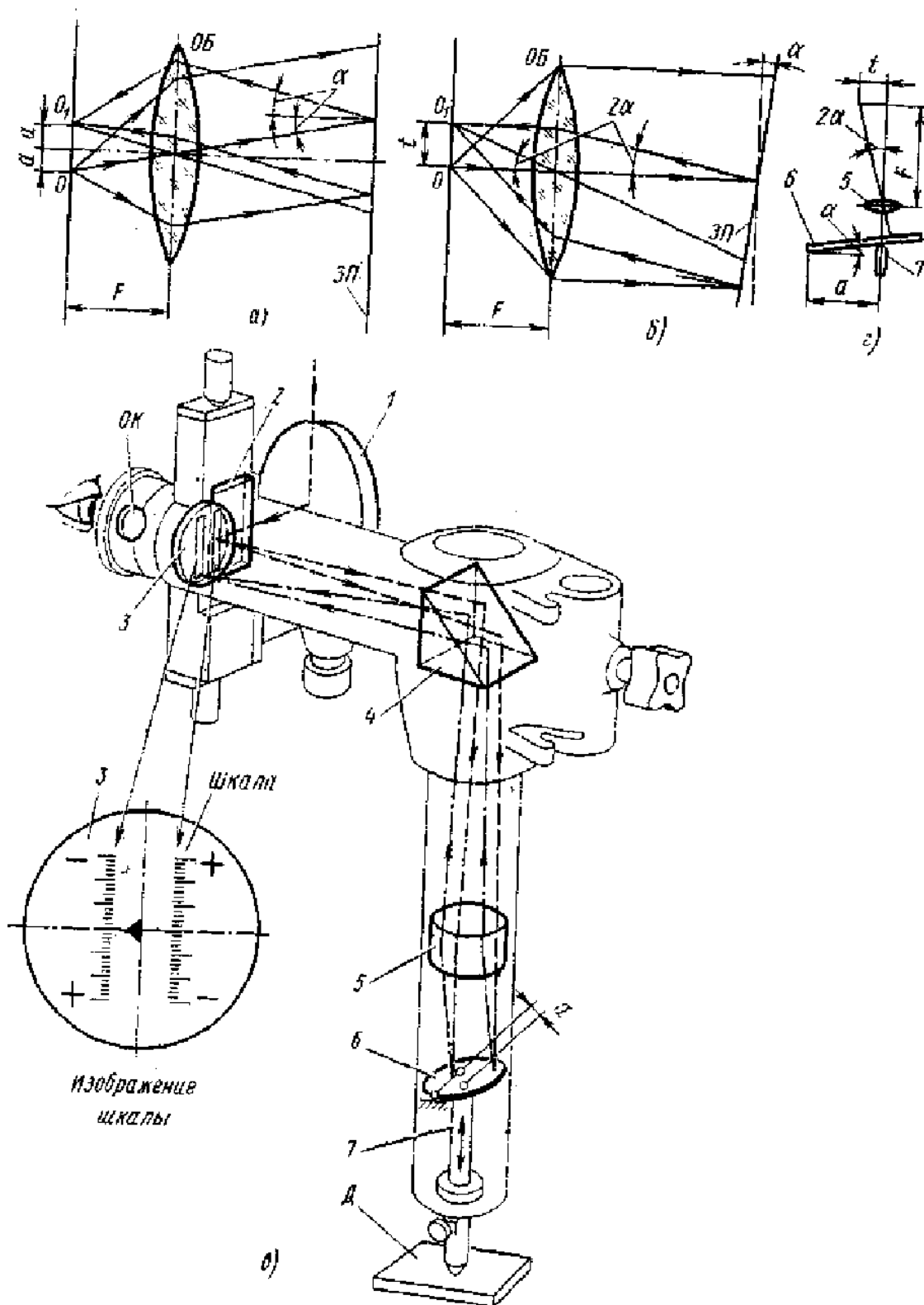
Если же источник света расположен в фокусе объектива, а зеркальная плоскость *ЗЛ* находится под углом α к главной оптической оси (рисунок), то лучи, отразившись от зеркала, пойдут под углом 2α к главной оптической оси и, преломившись в объективе, сойдутся в точке *О*, отстоящей от точки *О* на расстоянии f . В конструкциях трубки оптиметра используют обе описанные схемы.

В трубке, показанной на рисунке, от источника света лучи направляются зеркалом 1 и призмой 2 на шкалу, на которой нанесено 200 делений. Шкала и

указатель нанесены на плоскость стеклянной пластинки 3, расположенной в общей фокальной плоскости объектива 5 и окуляра *ОК*. Штрихи шкалы расположены по разные стороны относительно главной оптической оси. Лучи пойдут соответственно схеме, показанной на рисунке. Пройдя шкалу, луч попадает на призму 4 и, повернув на 90° , проходит через объектив 5. Выйдя из объектива, луч отразится от зеркала 6 и возвратится в фокальную плоскость объектива со смещением в горизонтальном направлении относительно главной оптической оси. Горизонтальное смещение используется для того, чтобы наблюдать изображение шкалы отдельно от самой шкалы.

Изображение шкалы будет смещаться и в вертикальном направлении по отношению к главной оптической оси, так как с перемещением измерительного стержня 7, опирающегося на измеряемую деталь *Д*, будет изменяться наклон зеркала 6 на угол α , что вызовет отклонение отраженных от зеркала лучей на угол 2α . При этом изображение шкалы переместится в вертикальном направлении относительно неподвижного указателя на величину Γ (соответственно схеме, показанной на рисунке 29).

Трубку оптиметра устанавливают на вертикальной (вертикальный оптиметр) (рисунок 30) или горизонтальной (горизонтальный оптиметр) стойке. Вертикальный оптиметр ОВО-1 или ИКВ служит для измерения наружных размеров, горизонтальный оптиметр ОГО-1 или ИКГ — для измерения наружных и внутренних размеров.



а, б – ход лучей; в, г – схема трубок
Рисунок 29 – Оптиметр

Диапазон показаний шкалы трубки оптиметра равен $\pm 0,1$ мм; диапазон измерений прибора: 0—180 мм у вертикального и 0-350 мм у

горизонтального оптиметра. Измерительная сила равна примерно 50-200сН. Погрешность показаний оптиметров составляет $\pm 0,2 \pm 0,7$ мкм.

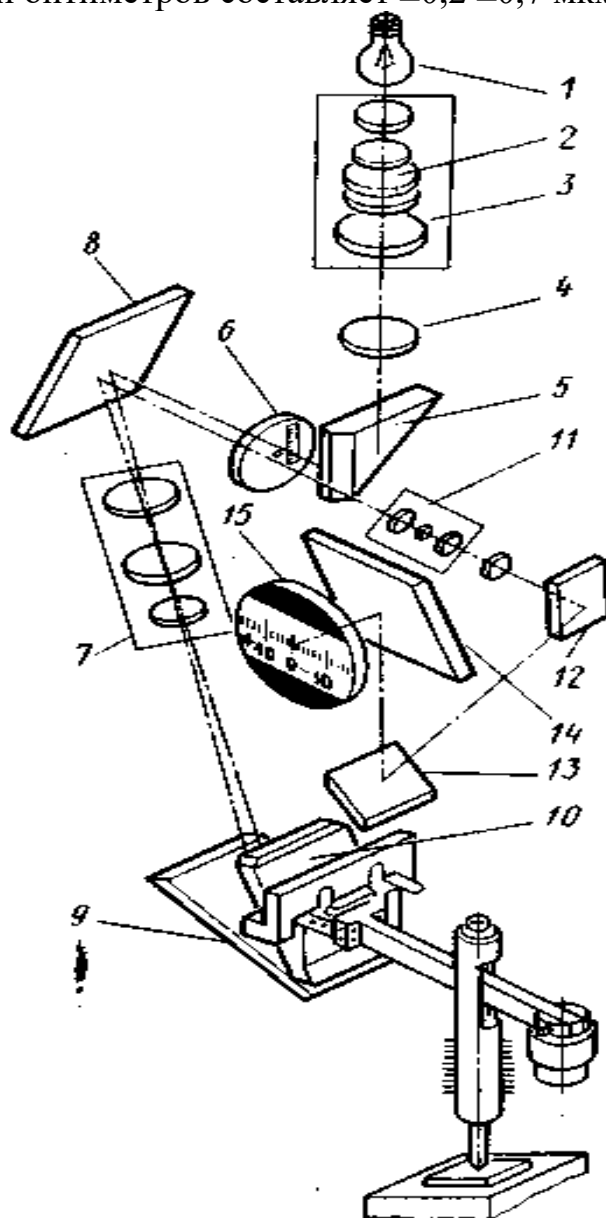


Рисунок 30

Через окуляр трубки оптиметра приходится производить отсчеты по шкале, пользуясь одним глазом, что утомляет контролера. Для облегчения отсчета на окуляр устанавливают проекционную насадку, на экране 2 которой можно наблюдать изображение шкалы оптиметра обоими глазами.

Выпускают и горизонтальные проекционные оптиметры ОГЭ-1 с ценой деления шкалы 1 мкм и вертикальные ОВЭ-02 с ценой деления 0,2 мкм. У этих оптиметров отсчет результата измерения производится по шкале, проецируемой на экран.

Лучи света от лампы накаливания 1 через систему, состоящую из конденсора 2, телефильтра 3, линзы 4 и призмы 5, освещают шкалу, нанесенную на стеклянной пластинке 6, расположенной в фокальной плоскости объектива 7. Шкала имеет 200 делений, расположенных

симметрично по обе стороны от нуля (по 100 делений с каждой стороны). Пройдя пластинку 6 и отразившись от зеркала 8, лучи попадают в объектив 7; выйдя из объектива параллельным пучком и отразившись от зеркала 9, лучи попадают на качающееся зеркало 10. Отразившись от этого зеркала, лучи возвращаются к пластинке 6, на которой получается изображение шкалы. Совмещенное изображение шкалы и индекса проецируется объективом 11 через систему зеркал 12, 13 и 14 на экране 5.

Вертикальный оптиметр с проекционным экраном и ценой деления 0,2 мкм имеет оптическую схему и внешний вид экранного оптиметра. Повышение чувствительности прибора здесь достигнуто за счет многократного отражения параллельных пучков лучей между неподвижным и подвижным зеркалами.

Вертикальный оптиметр типа ОВО (модель ИКВ).

Включает Г-образную автоколлимационную трубку, укрепленную на основании стойку с кронштейном для поддержания трубки и предметный стол с микрометрическим подъемом. В общей фокальной плоскости объектива 5 и окуляра 10 помещена прозрачная пластина 7 с 200 штрихами на одной половине и индексом в виде тонкого штриха на другой. Шкалу освещают дневным светом или лампочкой с помощью зеркала 9 и призмы 8. Вспомогательная призма 6 позволяет смотреть в окуляр прямо перед собой, поворачивая пучок лучей на 90°. Вышедший из объектива пучок лучей отражается от зеркала 4, которое поворачивается на шарнире при перемещении измерительного стержня 3 под действием измеряемого предмета 2 на столе 1. Поворот зеркала вызывает смещение относительно неподвижного индекса автоколлимационного изображения шкалы, создаваемого объективом 5 в общей с окуляром 10 фокальной плоскости (пластина 7). Диапазон показаний составляет $\pm 0,1$ мм, а общий диапазон измерений, определяющийся высотой подъема трубки над столом, находится в пределах от 0 до 180 мм. Измерительное усилие $g = 2H$ (200 б).

Ультрооптиметр – вертикальный с проекционным экраном и ценой деления 0,2 мкм ОВЭ – 02. Имеет оптическую схему и внешний вид как у ОВЭ – 1. У оптиметров этого типа выходящий из объектива пучок лучей падает сначала на неподвижное зеркало, а затем на качающееся, после которого пучок идет в обратном направлении и дает изображение в плоскости индекса. Дополнительным объективом и зеркалами вторичное изображение шкалы вместе с изображением индекса проектируется на экран. Повышение чувствительности у ОВЭ – 02 – за счет многократного отражения пучков лучей между неподвижным и подвижным зеркалами.

Горизонтальные оптиметры выпускают двух типов: с окуляром и с проекционным экраном. Для измерения внутренних размеров на головку оптиметра надеваются дуги, на осях которых укреплены серьги, имеющие по два наконечника каждая. Первый наконечник приводится в контакт с измеряемым изделием, второй, соответственно, с измерительным стержнем головки и со шпинделем школьной трубки. Пиноль и трубка устанавливаются на кронштейнах, которые могут перемещаться (для грубой

настройки) и стопориться на горизонтальном направляющем валу. Тонкая настройка производится при помощи микрометрического винта пиноли. Универсальный предметный столик, укрепленный на основании прибора, может: подниматься вверх, перемещаться в поперечном направлении, поворачиваться в горизонтальной плоскости, покачиваться вокруг горизонтальной оси, перемещаться в продольном направлении на шариковых опорах.

Горизонтальные оптиметры (рисунок 31) выпускаются 2-х типов ОГО – 1 с окуляром и ОГЭ – 1 с экраном (1 мкм). С их помощью можно измерять наружные размеры от 0 до 350 мм и внутренние от 13,5 до 150 мм.

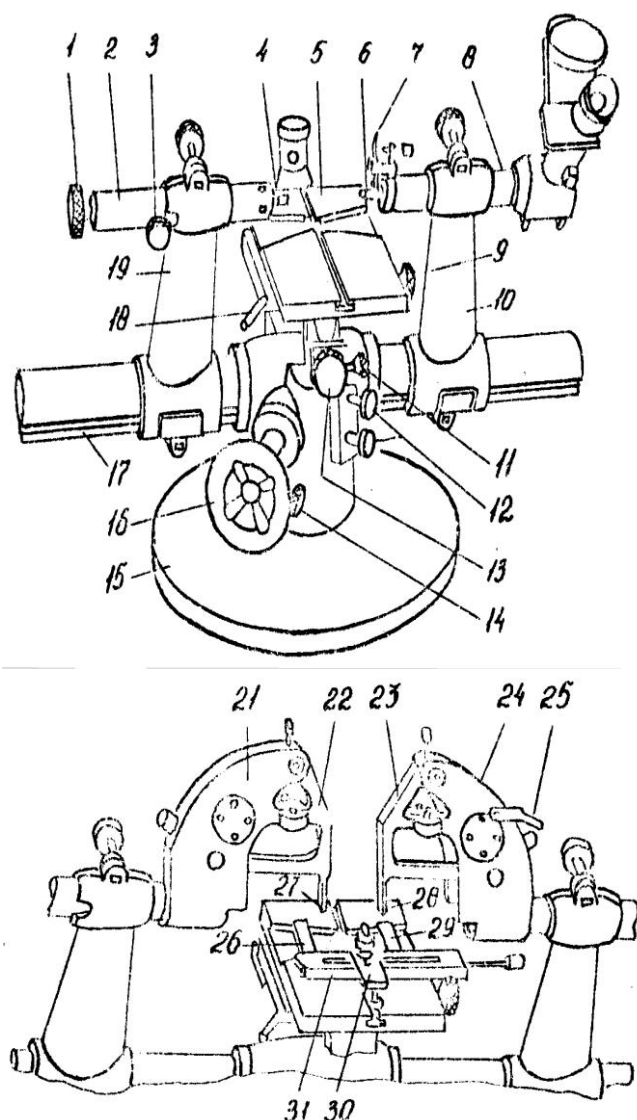


Рисунок 31

Горизонтальный оптиметр универсальнее вертикального оптиметра, так как дает возможность производить как наружные, так и внутренние измерения. Горизонтальный оптиметр состоит из горизонтального штатива и такой же оптиметровой трубки, как у вертикального оптиметра.

На массивном основании 15 покоится вал 17, по которому могут перемещаться кронштейны 10 и 19. В правом кронштейне укрепляется оптиметровая трубка 8, в левом - пиноль 2. Измеряемая деталь, блок из концевых мер или струбцина 31 укрепляется на столике специальными прижимами 30. Для установки детали или блока мер в нужном положении относительно измерительных наконечников стол может перемещаться в трех взаимноперпендикулярных направлениях и вращаться около вертикальной и поперечной горизонтальной оси. Вертикальное перемещение осуществляется вращением маховичка 16 (в нужном положении стол закрепляется винтом 14). Величина вертикального перемещения стола может быть ограничена упорами (упоры закрепляются винтами 12). Поперечное перемещение стола производится вращением рукоятки 9. Продольное перемещение верхней части стола 5 происходит свободно, благодаря установке его на шариковых направляющих. Плавающий стол дает возможность измерять расстояние от пинולי, жесткий столик фиксировал бы расстояние относительно стола, что недопустимо. Покачивание стола около горизонтальной оси производится эксцентриком за рукоятку 13 (фиксация в нужном положении - винтом 11). Поворот стола около вертикальной оси осуществляется рукояткой 18.

Наружные поверхности на горизонтальном оптиметре измеряются наконечниками оптиметра 6 и регулируемого стержня пинולי 4, а внутренние поверхности - наконечниками 27 и 28 дуг, которые надеваются на оптиметровую трубку и пиноль.

Дуги оптиметра состоят из кронштейнов 21 и 24, в верхней точке которых подвешены измерительные рычаги 22 и 23 направляющих шарикоподшипников и пружин, заключенных в кронштейнах. Дуга оптиметровой трубки 24, в отличие от дуги пинולי 21, снабжена арретиром 25.

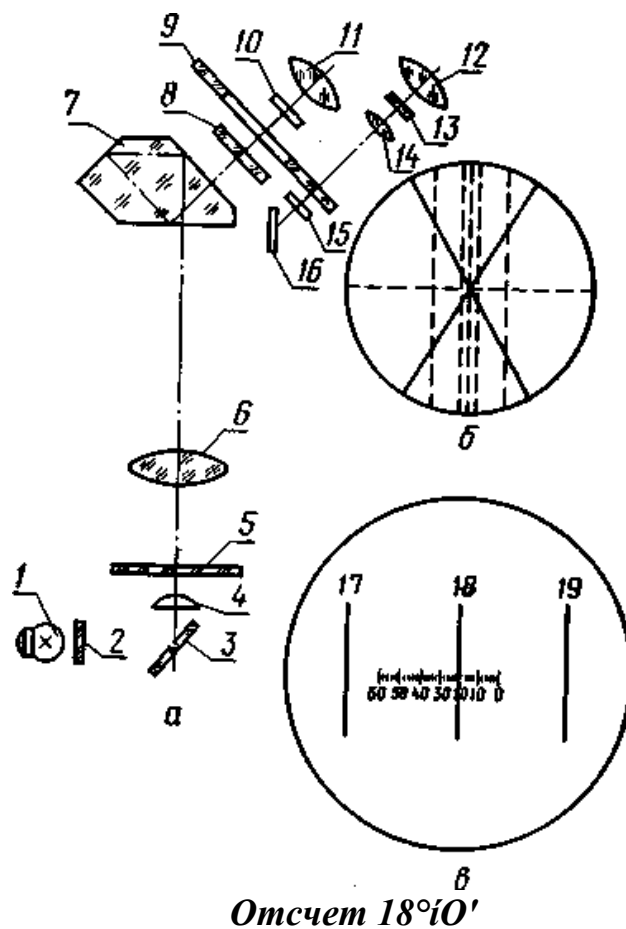
Грубая установка кронштейнов 10 и 19 производится от руки путем перемещения их вдоль вала. Точная установка наконечника пинולי осуществляется микрометрическим винтом 1 (фиксируется винтом 3).

Пределы измерения горизонтального оптиметра при измерении наружных размеров - от 0 до 300 мм, при измерении внутренних размеров - от 13 до 150 мм. Пределы измерения по шкале прибора составляют ± 100 мкм.

Выпускают следующие измерительные микроскопы: малый инструментальный, большой инструментальный и универсальный измерительный. **Инструментальный микроскоп** (рисунок 32) включает: визирный (основной) микроскоп со сменным объективом 6 (рисунок), проецирующим изображение предмета в плоскость сетки 10 окуляра 11, через призму 7, перевортывающую изображение, и защитные стекла 8; двухкоординатный предметный стол 5 с осветителем 1, освещающим предмет через светофильтр 2 с помощью зеркала 3 и конденсора 4; угломерное гониометрическое устройство с лимбом 9 (с градусными делениями) и объективом 14, проецирующим изображение штрихов лимба в плоскость шкалы минут 13 окуляра 12; лимб 9 освещается через зеркало

16 и светофильтр 15. Лимб представляет собой меру, несущую замкнутую угломерную шкалу, обычно с градусными делениями. Окуляры и объективы на схеме условно изображены в виде тонких линз. На рисунке показано поле зрения визирного микроскопа, увеличение которого при трех сменных объективах составляет $10\times$, $30\times$ и $50\times$. При измерении размеров предмета путем перемещения стола в соответствующем направлении (продольном или поперечном) поочередно совмещают изображения двух выбранных точек измеряемого предмета с перекрестием в поле зрения визирного микроскопа.

Перемещения стола измеряют по продольной и круговой шкалам микрометрических отсчетных устройств. Разность двух отсчетов дает расстояние между двумя указанными точками. Для установки линии центров в нужное положение стол можно поворачивать в его плоскости в пределах $\pm 10^\circ$ с помощью микрометрического приспособления. На рисунке 32 показано поле зрения отсчетного микроскопа. При измерении углов одну из центральных линий перекрестия поочередно совмещают с изображениями двух сторон измеряемого угла. Углы поворота измеряют по лимбу и шкале минут. Разность двух отсчетов дает значение измеряемого угла.



- а — принципиальная оптическая схема;
 б — поле зрения визирного (основного) микроскопа;
 в — поле зрения отсчетного микроскопа угломерного устройства

Рисунок 32 - Малый инструментальный микроскоп

Большой инструментальный микроскоп БМИ по точности и устройству аналогичен ММИ, но отличается от него вдвое большими перемещениями предметного стола при тех же пределах измерения микрометрическими отсчетными устройствами, наличием дополнительного объекта, дающего общее увеличение 15^x , возможностью поворота предметного стола на 360 градусов.

Универсальные измерительные микроскопы изготавливают трех типов: УИМ-200— окулярный с продольным 200 мм и поперечным 100 мм перемещениями каретки; УИМ-200Э и УИМ-500Э — экранные с продольными перемещениями кареток 200 и 500 мм (перемещения поперечных кареток соответственно 100 и 200 мм). По назначению, устройству и оптической схеме визирного микроскопа они аналогичны инструментальным микроскопам. Измерение перемещений их кареток производится с помощью укрепленных на основаниях приборов точных стеклянных шкал. В окулярной модели отсчеты показаний по продольной и поперечной шкалам выполняют посредством отсчетных микроскопов, снабженных спиральными окулярными микрометрами; на рисунке показаны изображения отметок 11 и 12 мм шкалы УИМ-200 в поле зрения окулярного микрометра ОМС. Для отсчета угловых размеров служит угломерное устройство, аналогичное таким же устройствам инструментальных микроскопов и смонтированное на визирном микроскопе.

В экранных микроскопах (УИМ-200Э и УИМ-500Э) вместо визирного микроскопа применена оптическая система, проецирующая на экран изображение измеряемого предмета вместе с изображением штриховых линий визирной системы. Для отсчетов по шкалам кареток продольного и поперечного перемещений применены *оптические микрометры*, устроенные так, что при вращении круговой шкалы происходит наклон плоскопараллельной пластины, участвующей в изображении миллиметровых отметок точных стеклянных шкал, благодаря чему соответственно смещается изображение миллиметровых отметок. При измерениях углов используют экранное угломерное устройство.

Универсальные микроскопы (рисунок 33) снабжаются различными принадлежностями, расширяющими их области применения. К их числу принадлежат: вертикальный длиномер для измерения контактным методом третьей координаты с одной установки предмета; головка двойного изображения для повышения точности наводки оптической оси микроскопа на центр предмета и ряд других. На экранном микроскопе можно выполнять измерения в отраженном свете с помощью бинокулярной насадки. Слагаемые допускаемой основной погрешности имеются различные для экранного (Э) и окулярного (О) типов и относятся к измерениям проекционным (теневым) методом диаметров гладких цилиндров в центрах.

Основные части универсальных измерительных микроскопов показаны на рисунке 33:

1 — основание; 2 — каретка продольного перемещения; 3 — каретка поперечного перемещения; 4 — предметный стол; 5 — отсчетный микроскоп продольного перемещения; 6 — отсчетный микроскоп поперечного перемещения; 7 — тубус визирного микроскопа; 8 — отсчетный микроскоп окулярной угломерной головки; 9 — штриховая угломерная головка; 10 — колонка; 11 — маховик наклона головки; 12 — центральное осветительное устройство.

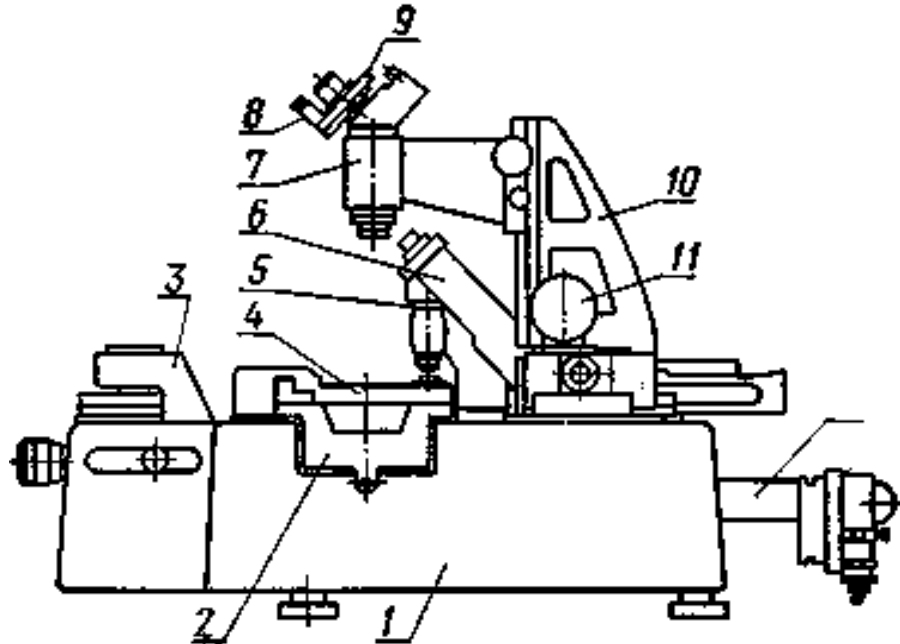
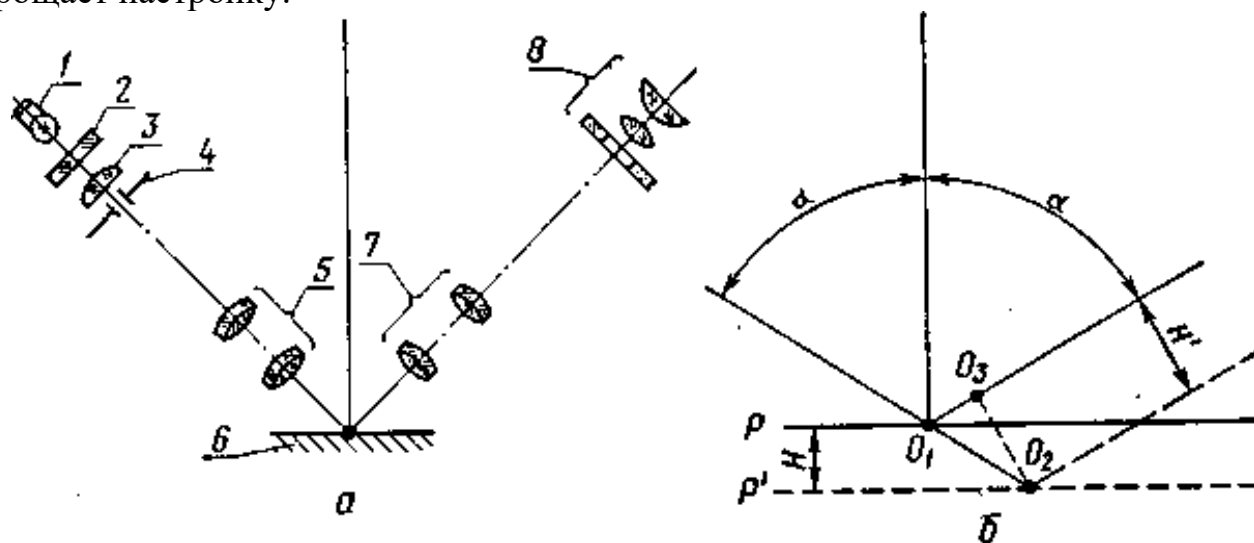


Рисунок 33 - Универсальные измерительные микроскопы

Двойные микроскопы (приборы, основанные на принципе светового сечения) предназначены для измерений шероховатостей поверхностей по методу светового сечения. Метод заключается в том, что расположенная параллельно поверхности узкая щель 4 (рисунок 34), освещенная лампой 1 через защитное стекло 2 и конденсор 3, проецируется микрообъективом 5 на поверхность предмета 6, причем изображение щели искривляется на неровностях, образуя их световое сечение, рассматриваемое в микроскоп, состоящий из объектива 7 и винтового окулярного микрометра 8. Осветительный и визирный (визуальный) микроскопы расположены под углом $2\alpha=90^\circ$ друг к другу (этот угол считают наивыгоднейшим) и под углами 45° к поверхности предмета. Величину искривления изображения щели можно определить следующим образом (рисунок). Величина увеличения пропорциональна высоте неровностей h . При смещении поверхности P с изображением от щели, спроектированной на нее микрообъективом, на малый отрезок, т.е. в положение P' , центр изображения щели переместится в точку O_2 , а наблюдаемое смещение изображения будет равно отрезку $O_1 O_2$, спроектированному на плоскость, перпендикулярную оптической оси микроскопа, т.е. будет равно отрезку $O_2 O_3$, т.е. спроектированному на плоскость, перпендикулярную оптической оси микроскопа. Величина пропорциональна высоте неровностей, измеряется с помощью винтового окуляра микрометра. Цена деления микрометра определяется с помощью объектива микрометра. Прибор имеет четыре пары

сменных микрообъективов: в модели ПСС они объединены в блоки, что упрощает настройку.



а —оптическая схема;
б— определение высоты неровностей

Рисунок 34 - Двойной микроскоп

Вертикальные оптические дилномеры предназначены для точных абсолютных и относительных измерений наружных размеров. Измерительный шпindel 6 вертикального дилномера (рисунок 35), жестко связанный с измерительным наконечником 3 и стеклянной миллиметровой линейкой 4 со 100 делениями, под действием собственного веса или вместе с грузовыми шайбами 7 опускается до касания наконечником измеряемого предмета 2.

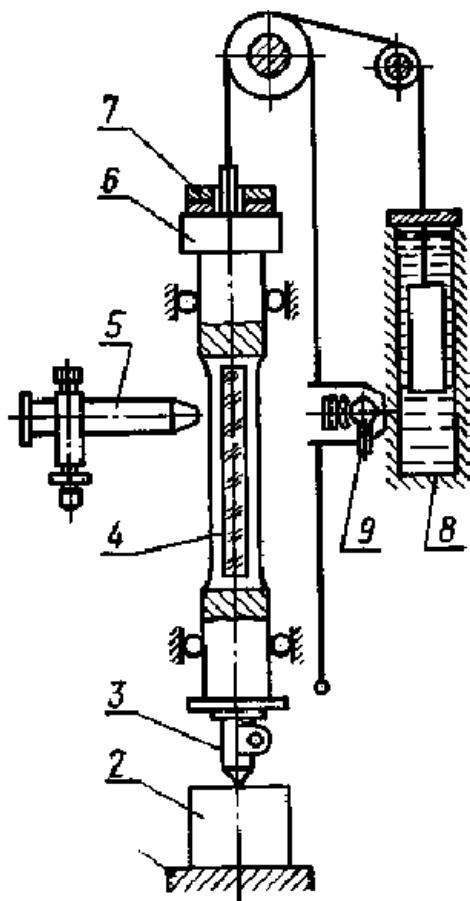
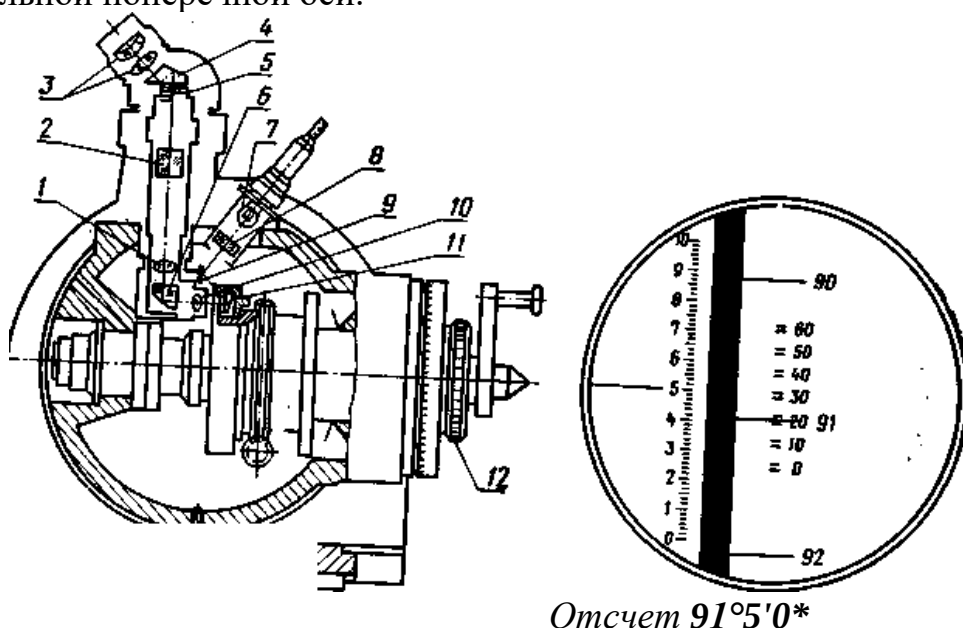


Рисунок 35 – Вертикальный длинномер

Длину предмета отсчитывают по шкале стеклянной линейки с помощью микроскопа 5 со спиральным окулярным микрометром. Предметы длиной до 100 мм измеряют непосредственно по шкале. Спиральный окулярный микрометр устанавливают в нулевое положение при контакте измерительного наконечника со столом 1. Шпиндель уравнивается противовесом, помеченным в цилиндре 8. Шкала освещается лампой 9.

Оптические делительные головки предназначены для деления окружностей, очерчивающих различные предметы (соединяемые со шпинделями головок), на доли и для измерений угловых размеров изделий. Шпиндель головки, имеющий посадочное отверстие под конус Морзе, жестко соединяется с объектом, подвергающимся делению или угловым измерениям. Шпиндель вращается маховичком через червячную передачу. При делении изделие поворачивают на заданный угол, а при угловых измерениях поворачивают до совмещения с тем или иным визирным ориентиром. Углы отсчитывают по стеклянному лимбу 11 (рисунок 36) с делениями через 1° с помощью отсчетного микроскопа, подвижная сетка 5 которого у прибора ОДГ-10 имеет 60 делений с ценой $10'$. Участок стеклянного лимба 11 освещается лампой 7 через конденсор 8 и зеркало 9. Линзы I и 10 объектива через призму 6 проецируют изображение штрихов лимба в плоскость неподвижной окулярной сетки 4, на которой нанесено семь двойных штрихов (биссекторов) с ценой деления V , показанных в

правой части рисунка. Штрихи лимба и сетки 4 рассматривают одновременно с помощью окуляра 3 и призмы. В поле зрения (рисунок 36) видны также штрихи подвижной сетки 5, жестко связанной с пластиной 2 компенсатора, вместе с которой эта сетка может поворачиваться вокруг горизонтальной поперечной оси.



а — принципиальная схема;
б — поле зрения отсчетного микроскопа

Рисунок 36 - Оптическая делительная головка

Этот поворот вызывает смещение изображений штрихов лимба относительно сетки 4 и перемещение шкалы сетки 5 относительно индекса. Отсчет производят после совмещения штриха лимба с ближайшим к нему биссектором. Вместо окулярного отсчетного устройства многие головки оснащают отсчетным экраном.

Проекторы предназначены для проецирования теневого изображения (контуров) изделий на экран и измерения их линейных и угловых размеров непосредственно, сравнением с чертежом (исполненным для соответствующего увеличения) и по вычерченному контуру изделия. Их применяют для измерения шаблонов и изделий сложного профиля.

Проекторы (ГОСТ 19795—82) изготовляют трех типоразмеров: до 250, св. 250 до 400 и св. 400 мм, с цифровым (Ц) отсчетом и с отсчетом по шкалам микровинтов, с вертикально (В) или горизонтально (Г) расположенной оптической осью объектива.

Проекторы типов ПИ-250 и ПИ-150ЦВ являются настольными, а остальные их типы — стационарными.

В проекторах объектив дает увеличенное в 10, 20, 50 и 100 крат изображение предмета на экране. От источника света 1 (рисунок 37) через конденсор 2 параллельный пучок лучей освещает измеряемый предмет 3. Объектив 4 дает перевернутое увеличенное изображение предмета на экране

6. Для устранения ошибки измерения, которая могла бы возникнуть при небольшой расфокусировке, апертурную диафрагму 5 устанавливают в задней фокальной плоскости объектива 4. Из подобия треугольников AOB и $B'O'A'$ можно определить увеличение проектора соотношением.

Измерения и контроль на проекторах общего назначения могут выполняться двумя методами: сравнением контура изделия, наблюдаемого на экране, с чертежом, выполненным в масштабе увеличения, и координатным методом с помощью микрометрического перемещения предметного стола и последовательного совмещения границ изображения предмета с маркой, нанесенной на экране.

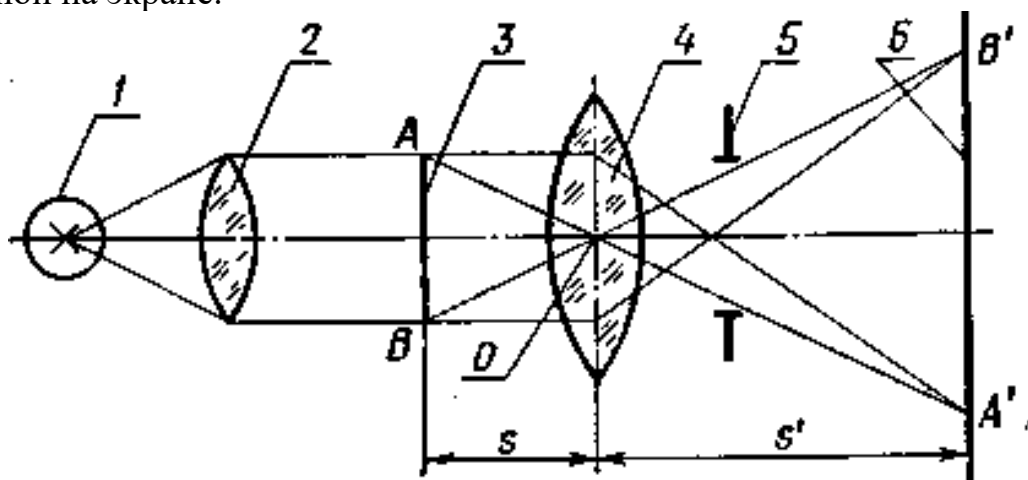


Рисунок 37- Принципиальная оптическая схема проектора

В зависимости от конфигурации изделия измерения на проекторе осуществляют двумя способами проецирования: в проходящем и в отраженном свете. При проецировании *в проходящем свете* лучи света от лампы 1 (рисунок 38), проходя через конденсор 2, диафрагму 3, систему линз 4, освещают снизу изделие, установленное на предметном столе 5 проектора. Контур изделия с помощью системы зеркал и объективов 9 проецируется на экран 6 в увеличенном виде. В проходящем свете измеряют изделия сложной формы или сквозные отверстия. При проецировании *в отраженном свете* лучи света от лампы 7, пройдя через осветитель 8, освещают измеряемое изделие, помещенное на стол 5.

Отразившись от поверхности изделия, свет попадает в объектив 9 и далее падает на экран 6, на котором появляется теневое изображение изделия.

На массивном основании проектора с цифровым отсчетом БП-ЗЦ типа ПИ-600Ц установлен корпус 8 (рисунок 38) с размещенными в нем электрооборудованием и оптическими системами. Измерительный стол 7, аналогичный столу измерительного микроскопа, имеет возможность перемещения во всех трех взаимно перпендикулярных направлениях (продольном, поперечном и по высоте). Для определения ориентировочного перемещения стола имеются миллиметровые шкалы 12. Перемещение измерительного стола по вертикали осуществляют с помощью маховика 11, верхний обод которого при необходимости может быть снят.

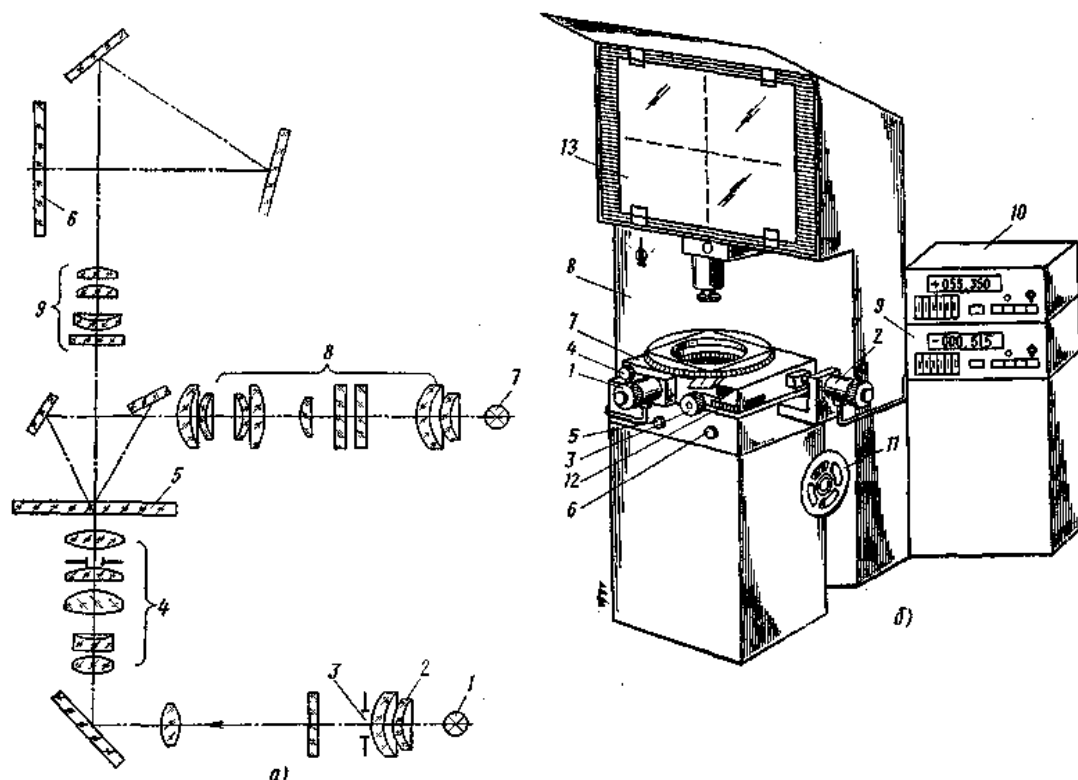


Рисунок 38 - Измерительный проектор БЦ-3Ц типа ПИ-600Ц (б) и его оптическая схема (а)

Перемещение стола с контролируемым изделием в продольном и поперечном направлениях в пределах до 25 мм достигается вращением барабанов 1 и 2 электронно-оптических преобразователей, предназначенных для преобразования линейных перемещений микровинтов в электрические сигналы. Пределы измерения в продольном и поперечном направлениях стола могут быть увеличены установкой ПКМД между торцом микровинта и опорной площадкой стола.

Измерительный стол 7 имеет круглый столик с установленной на нем стеклянной пластиной, на которую ставят изделие. Круглый столик с помощью рукоятки 3 может быть повернут на 360° вокруг вертикальной оси и застопорен тормозной рукояткой 4. Углы поворота столика отсчитывают по шкале с нониусом.

Оптическая схема проектора описана выше. Прозрачный стеклянный экран 13 снабжен пружинными прижимами для закрепления на нем чертежа или кальки. На экране нанесены штриховые линии перекрестия для ориентирования изделий, установленных на измерительном столе.

На переднюю панель стола выведены два маховика — 5 и 6. Маховик 5 с гравировкой увеличений предназначен для установки системы линз 4 с апертурной диафрагмой в положение, соответствующее увеличению объектива. Маховиком 5 пользуются при включенном переключателе (он находится на передней стенке проектора) во время работы в проходящем свете.

Маховик 6 служит для установки ирисовой диафрагмы при регулировании контрастности и резкости теневого изображения изделия на экране проектора.

В отсеке с экраном помещена каретка с объективом 9, которая может перемещаться от руки. Она имеет три фиксированных положения: среднее с постоянно установленным объективом $10^{\times}$; левое для патрубков объективов $100^{\times}$ и $200^{\times}$ и правое для патрубков объективов $20^{\times}$ и $50^{\times}$. Объективы ввертывают в гнезда до упора.

При работе в *отраженном свете* переключатель, расположенный на передней стенке проектора, должен быть включен, а переключатель «ДИА» — выключен. На корпусе прибора закрепляют насадку с линзами и блок с зеркалами в зависимости от выбранного объектива и его увеличения.

Лампа 1 проходящего света и лампа 7 отраженного света охлаждается вентиляторами. Электропитание включается выведенным на переднюю стенку выключателем «СЕТЬ — ВКЛ — ВЫКЛ». Сигнальная неоновая лампа «СЕТЬ» расположена на передней стенке прибора.

Электронно-оптические преобразователи 1 и 2 с помощью двух кабелей соединены с расположенными на отдельном столе двумя цифровыми пересчетными устройствами 9 и 10, называемыми иногда электронными блоками. Они предназначены для обработки результатов линейных перемещений измерительного стола, индикации их на цифровое табло, а также для вывода результатов измерений на цифropечать. Проектор укомплектован двумя цифровыми пересчетными устройствами: один из них предназначен для отсчета перемещения измерительного стола в продольном направлении (по координате X), а другой — в поперечном направлении (по координате Y).

Большой проектор, позволяющий проецировать предмет на горизонтальный экран как в проходящем, так и в отраженном свете, имеет три сменных объектива с увеличениями $10^{\times}$, $20^{\times}$ и $50^{\times}$ и полями зрения соответственно 60, 30 и 12 мм.

Часовые проекторы позволяют проецировать предмет на матовый экран как в проходящем, так и в отраженном свете. Они имеют сменные объективы с увеличениями $10^{\times}$, $20^{\times}$, $50^{\times}$ и $100^{\times}$, а ЧП-1 имеет еще объектив с увеличением $200^{\times}$. Поля зрения от $1,75 \times 2,4$ до 35×48 мм.

Проекторы для массового контроля деталей, настраиваемые на размеры заданной детали, имеют несколько пар зеркал в виде узких полосок, установленных между объективами и экранами. С помощью этих зеркал на экран проецируется изображение не всей детали, а только ее краев в выбранных сечениях. Отклонение каждого размера наблюдается в виде двух полосок: светлой и темной. При настройке прибора по образцовой детали длины светлой и темной полос с помощью регулировки зеркал делают одинаковыми и соответствующими величине допуска. При увеличенном размере длина темной полосы увеличивается, а длина светлой уменьшается так, что при переходе верхней границы поля допуска светлая полоса исчезает и вместо нее появляется темная. Уменьшение размера приводит к

увеличению светлой полосы и уменьшению темной. Исчезновение темной полосы и появление вместо нее светлой указывает на переход нижней границы поля допуска. На приборах возможен контроль до пяти размеров при допусках не менее 100—150 мкм. Проектор одной из моделей МИС-2 позволяет одновременно контролировать до десяти размеров детали.