

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Приборы управления»

Утверждено на заседании кафедры
«Приборы управления»
«22» января 2024 г., протокол №1
Заведующий кафедрой



В.В. Матвеев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине (модулю)
«Оптические измерения»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки

12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

с направленностью (профилем)
Интеллектуальные фотонные системы

Формы обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 120303-01-24

Тула 2024 год

Разработчик методических указаний

Проф., к.т.н., доцент



Д.М. Малютин

Содержание

Общие требования.....	4
Правила техники безопасности.....	4
1. Лабораторная работа №1. Изучение устройства и функционирования автоколлиматора.....	5
2. Лабораторная работа №2 Измерение угловых величин при помощи оптического угломера	13
3. Лабораторная работа №3. Определение фокусного расстояния методом измерения линейных увеличений.....	22
4. Лабораторная работа №4. Измерение длины оптической детали при помощи микроскопа со спиральным окулярным микрометром.....	28
Список литературы.....	32

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Студенты должны являться на занятия, изучив необходимые разделы лекций по данной дисциплине, в часы, предусмотренные общеинститутским расписанием занятий. Вход в лабораторию, а также выход из нее разрешается лишь в течении перерыва между занятиями. В лаборатории студент изучает ту лабораторную работу, которая намечена по графику.

Прежде чем начать работу, он должен ознакомиться с описанием лабораторной работы. В ходе работы студент должен делать необходимые записи в ученической тетради. Расчеты должны быть выполнены в системе СИ и по ЕСКД.

По проделанным работам каждым студентом оформляется отчет. Отчет по лабораторной работе заверяется преподавателем, ведущим лабораторные работы. Сдача отчетов производится в индивидуальном порядке. При этом студент должен знать задачи и цель проведенной лабораторной работы, уметь объяснить результаты расчетов и ответить на контрольные вопросы. Отчет выполняется на листах формата А4. Образец титульного листа приведен в приложении.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать общую инструкцию по технике безопасности при проведении лабораторных работ на кафедре ЭМ и ЭПС. Инструктаж по технике безопасности проводится перед началом лабораторных работ, о чем делается запись в журнале.

Работу следует проводить на своем рабочем месте, не отвлекая внимания студентов, выполняющих другие лабораторные работы, особенно работы на испытательных стендах.

Лабораторная работа №1

Изучение устройства и функционирования автоколлиматора

1. Цели и задачи работы

Изучение устройства, функционирования и методики применения автоколлиматора.

2. Основы теории

2.1 Назначение

Труба автоколлимационная ТА предназначена для точных измерений углов между полированными плоскостями прозрачных и непрозрачных деталей, для контроля прямолинейности, плоскостности, соосности, а также для проверки и юстировки различных оптических и механических устройств. Благодаря наличию сменных узлов труба может быть использована как зрительная труба, автоколлимационная труба или коллиматор.

2.2 Основные характеристики

Фокусное расстояние объектива	300
мм	
Световой диаметр объектива	40 мм
Увеличение трубы с автоколлимационным окуляром-кубом	29×
Увеличение трубы с автоколлимационным окуляром-микрометром	18×
Разрешающая способность объектива (в центре поля зрения)	3.5"
Угол поля зрения трубы	2°
Диапазон фокусировки 60 мм. Точность отсчета	0.1 мм
Диапазон вращения трубы:	
вокруг горизонтальной оси	± 1° 30'
вокруг вертикальной оси	± 1° 30'
Вертикальное перемещение трубы	85 мм
Высота оптической оси над плоскостью основания трубы	2 ÷ 85 мм
Цена деления шкалы барабанчика автоколлимационного окуляр-микрометра:	
в линейной мере	3 мкм
в угловой мере	1"
Предел измерения автоколлимационным	

окуляр-микрометром
Диоптрийная наводка окуляра

$0 \div 50'$
 ± 5 дптр.

2.3. Конструкция трубы

Зрительная труба представляет собой телескопическую систему, состоящую из объектива и окуляра с сеткой. Фокусировка осуществляется путем подвижки окулярного тубуса. Труба закрепляется на подставке (рисунок 1). Сменными узлами трубы являются: автоколлимационный окуляр-куб, автоколлимационный окуляр-микрометр и подсветка с сеткой. Оптика объектива и окуляра просветлена.

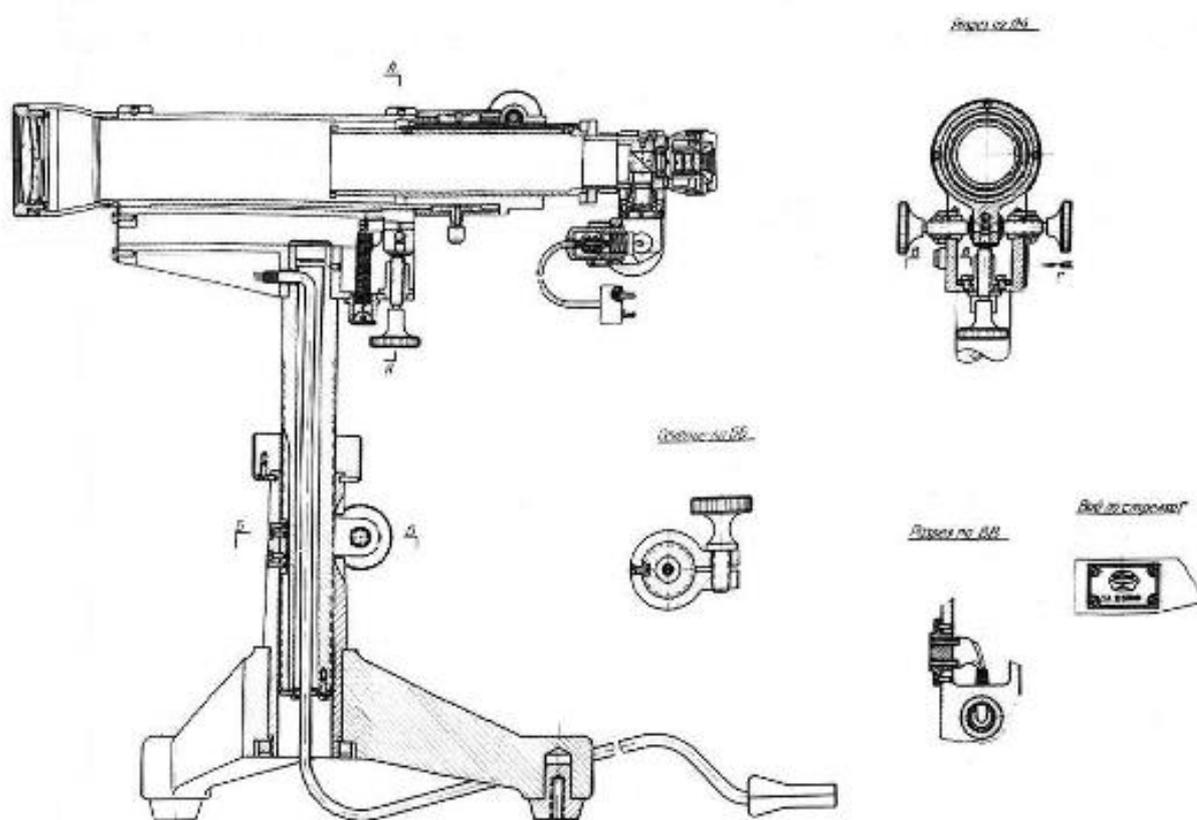


Рисунок 1

Крепление сменных узлов к трубе осуществляется при помощи двух зажимных гаек. Объектив зрительной трубы состоит из двух несклеенных линз, закрепленных в оправе при помощи пружинного кольца и гайки. Механизм фокусировки трубы состоит из подвижного окулярного тубуса с зубчатой рейкой и маховичка. Фокусировка трубы осуществляется

вращением маховика. Окулярная часть с помощью механизма фокусировки имеет возможность перемещаться в пределах 60 мм.

Отсчет производится по линейной шкале на подвижном окулярном тубусе и по неподвижному нониусу на корпусе трубы, точность отсчета составляет 0.1 мм. Подвижной окулярный тубус может быть закреплен с помощью зажимного винта. Наличие механизма фокусировки дает возможность визировать на близко расположенные предметы. Окуляры имеют диоптрийную наводку ± 5 диоптрий для установки сетки на "резкость" по глазу наблюдателя.

Держатель трубы состоит из основания и кронштейна, которые соединены между собой при помощи пружинящей пластинки. Кронштейн крепится к подвижной колонке, которая имеет трапецевидную резьбу и с помощью гайки может плавно перемещаться по высоте относительно подставки, что обеспечивает точную установку трубы по высоте. Зажимной винт обеспечивает надежное закрепление подвижной колонки относительно подставки. Шпонка, помещенная в шпоночный пазу подвижной колонки, устраняет возможность поворота трубы в горизонтальной плоскости.

Точная горизонтальная наводка производится поворотом трубы вокруг пружинящей пластинки вращением микрометрических винтов, перемещающих рычаг основания и вместе с ним всю трубу. Поворот трубы в горизонтальной плоскости ограничен в пределах $\pm 1^\circ 30'$ от среднего положения.

Точная вертикальная наводка осуществляется поворотом основания с трубой вокруг пружинящей пластинки вращением микрометрического винта. При вращении микрометрического винта он толкает рычаг основания, осуществляя покачивание трубы в вертикальной плоскости в пределах $\pm 1^\circ 30'$ от среднего положения.

Точная установка трубы по высоте производится вращением гайки с последующим закреплением зажимным винтом.

Электропитание трубы осуществляется от вторичного источника с выходным напряжением 6 В.

2.4. Сменные узлы трубы

2.4.1. Автоколлимационный окуляр-куб ($f'_{ок}=10.3$ мм)

Автоколлимационный окуляр-куб (рисунок 2) состоит из двух склеенных прямоугольных призм 1 и 2, сеток 3 и 4, подсветки 6, светофильтра 5 и симметричного окуляра 7.

На гипотенузной грани одной из призм нанесено полупрозрачное светоделительное покрытие с отражающей способностью 50%. Сетка 3 представляет собой светлое перекрестие, нанесенное на полупрозрачном 50% светоделительном покрытии (рисунок 3а). через светофильтр 5 сетка освещается электролампочкой 6.

Перекрестие сетки 4 (рисунок 3б) и автоколлимационное изображение сетки 3 расположены в фокальной плоскости симметричного окуляра. Чтобы выставить полированную грань детали перпендикулярно визирной оси трубы необходимо совместить автоколлимационное изображение сетки 3 с перекрестием сетки 4, как показано на рисунке 3г. На рисунке 3в это условие нарушено.

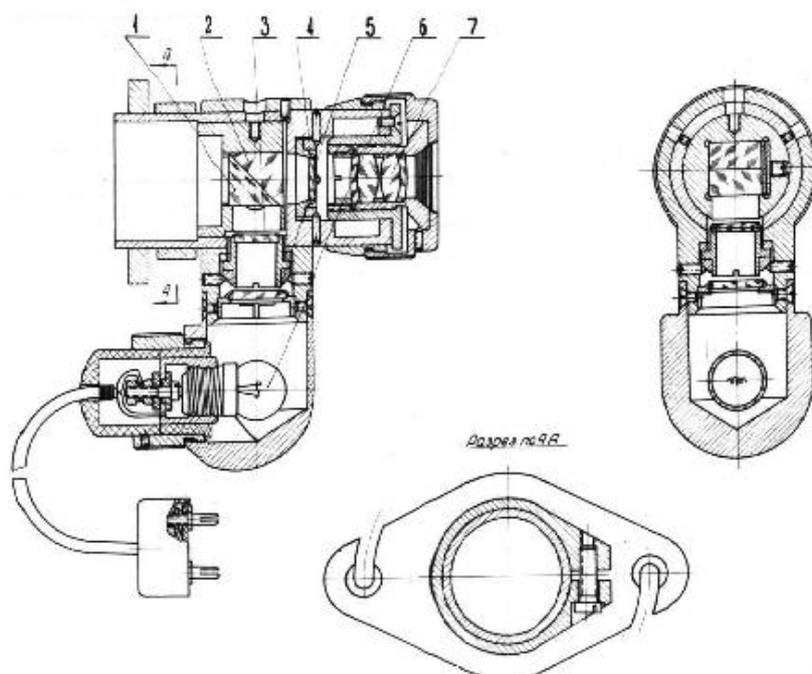


Рисунок 2

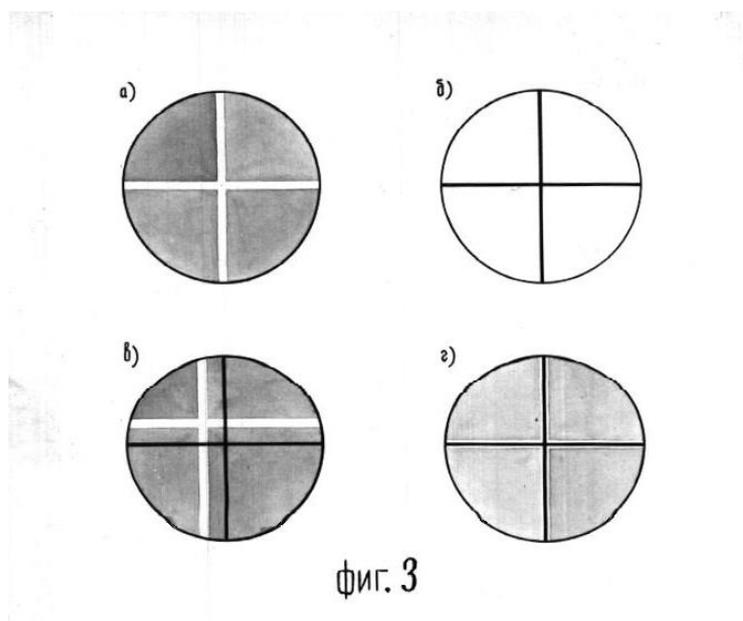


Рисунок 3

2.4.2 Автоколлимационный окуляр-микрометр ($f'_{ок}=16.7$ мм)

Автоколлимационный окуляр-микрометр (рисунок 4) состоит из неподвижной сетки 1, на которой наклеена призма-светопровод 2, светофильтра 3, электролампочки 4, окуляра 5, подвижной сетки-биссектора 6. Автоколлимационный окуляр-микрометр снабжен винтовым приспособлением, позволяющим производить линейные и угловые измерения в поле зрения окуляра.

Перемещение сетки-биссектора 6, закрепленной в ползунке 7, осуществляется при помощи микрометрического винта и барабанчика 8. Цена деления барабанчика при линейных измерениях равна 3 мкм, а при угловых измерениях автоколлимационным методом - 1" при интервале измерений $0 \div 50'$. Линза 9 служит для компенсации погрешности фокусного расстояния объектива трубы и приведения масштаба шкалы автоколлимационного окуляр микрометра к расчетному значению.

Сетки 1 и 6 окуляр-микрометра установлены в фокальной плоскости окуляра. Окуляр закрепляется на трубе при помощи фланца 10 и зажимных гаек 1 (рисунок 4) и может вращаться во внутреннем патрубке 11 в пределах

угла 90° при измерениях пирамидальности призм. Гравировка сетки-биссектора 6 изображена на рисунке 5б. Поле зрения автоколлимационного окуляр-микрометра показано на рисунке 5в.

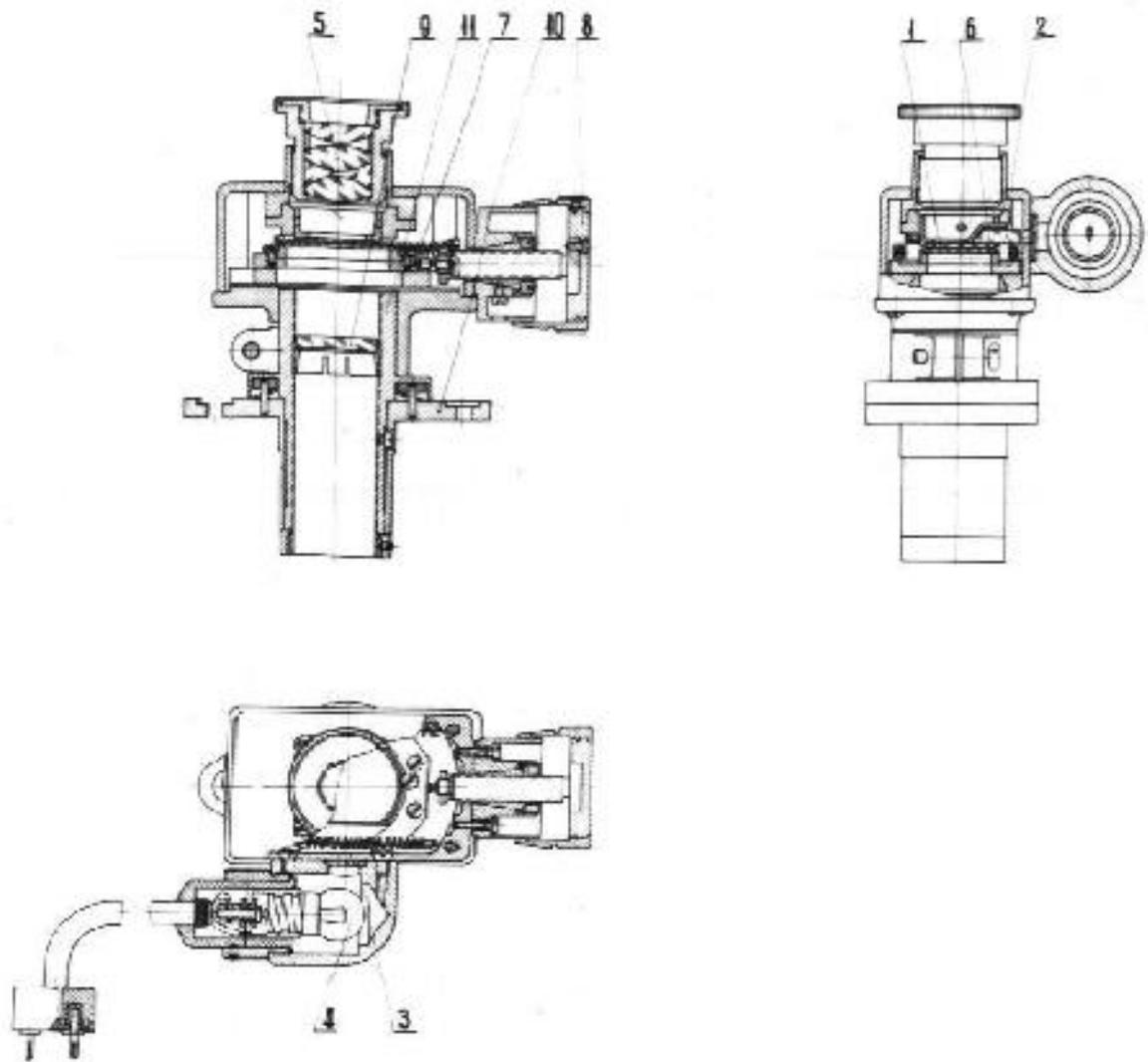


Рисунок 4

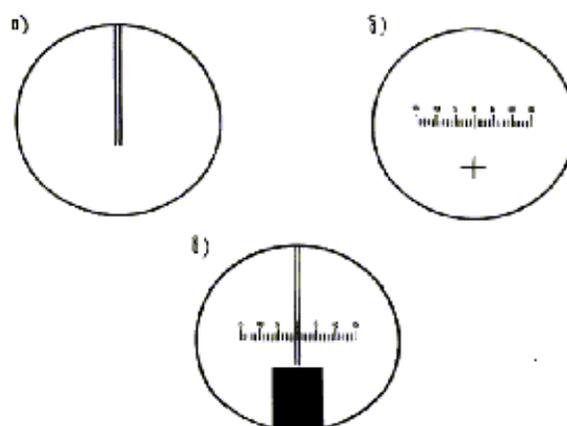


Рисунок 5

2.4.3. Подсветка с сеткой

Подсветка с сеткой изображена на рисунке 6. Электrolампочка 1 подсвечивает два матовых стекла 2 и сетку 3, на которой нанесено перекрестье. Поле зрения сетки приведено на рисунке 3б.

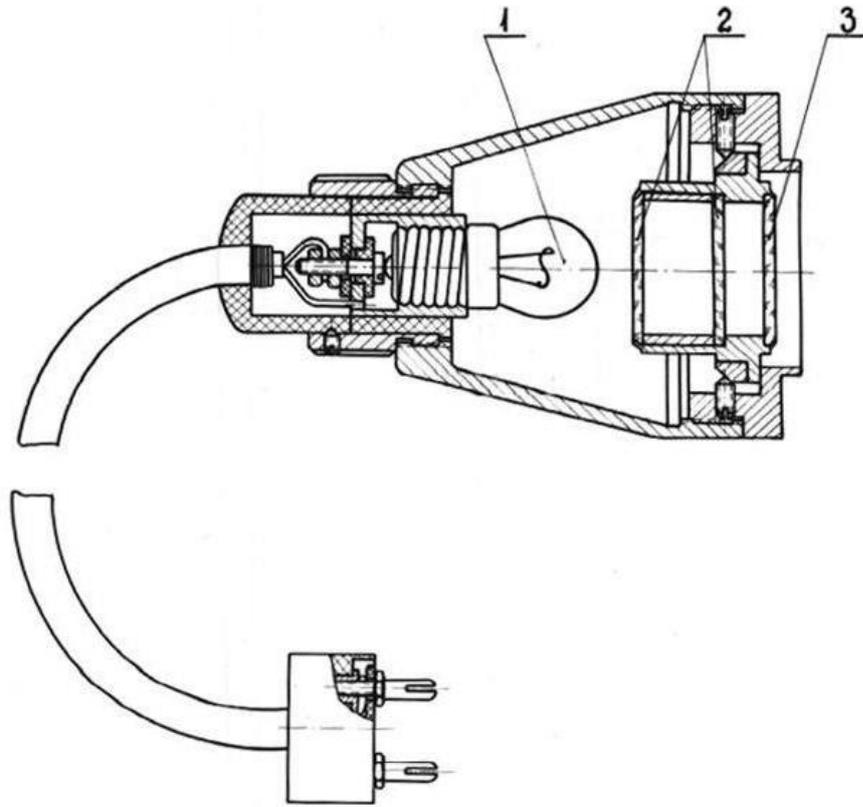


Рисунок 6

3. Объект исследования

Труба автоколлимационная ТА.

4. Порядок работы

1. Включить блок питания прибора.
2. Направив автоколлиматор на отражающую поверхность в виде зеркала, вращая микрометрические винты и наблюдая в окуляр трубы, найти автоколлимационное изображение.
3. Перемещая маховичок подвижного окулярного тубуса, получить четкое изображение черного перекрестия.

4. Для обеспечения перпендикулярности отражающей поверхности к оптической оси прибора добиться совмещения изображений черного и светлого перекрестий.
5. Для измерения углового перемещения отражающей поверхности, перемещая барабан винтового окулярного микрометра, навести биссектор на черное перекрестие, и снять отсчет при исходном положении отражающей поверхности и после ее поворота.
6. Необходимо провести 6 измерений в исходном положении и 6 измерений после поворота.
7. Обработать результаты прямых измерений.
8. Найти угловое перемещение как результат косвенного измерения.

5. Требования к оформлению отчета

1. Описать конструкцию автоколлиматора
2. Привести результаты измерения углового перемещения отражающей поверхности.

6. Контрольные вопросы

1. Каков диапазон измеряемых величин и точность измерений?
2. Опишите методику снятия отсчета с использованием винтового окулярного микрометра.
3. Опишите конструктивные особенности винтового окуляр-микрометра и окуляр-куба.
4. Опишите процесс получения автоколлимационного изображения.
7. **ОБОРУДОВАНИЕ:** труба автоколлимационная ТА, блок питания MASTEN DC HY 3020

Лабораторная работа №2

Измерение угловых величин при помощи оптического угломера

1. Цели и задачи работы

Изучение устройства, методики применения оптического угломера для измерения угловых величин.

2. Основы теории

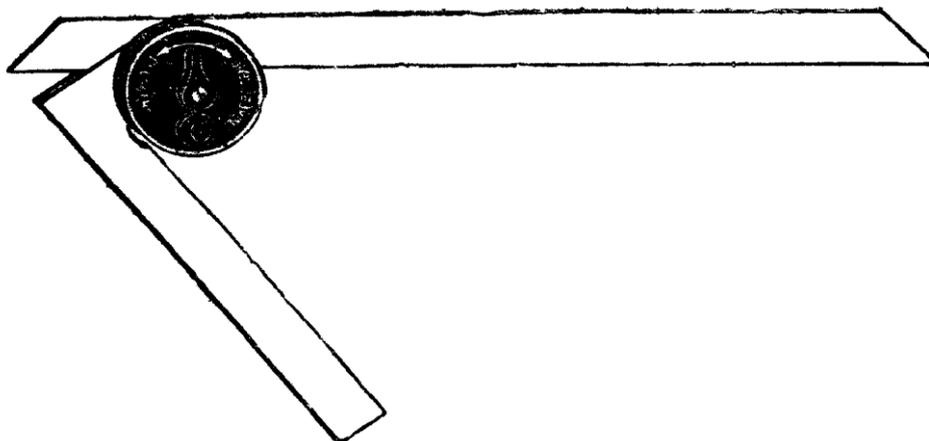


Рисунок 1 - Оптический угломер

Назначение прибора и его основные данные

Оптический угломер является портативным универсальным прибором для измерения углов и может быть использован в различных отраслях машиностроения и приборостроения.

При помощи оптического угломера могут быть измерены углы между двумя плоскостями, между плоскостью и образующей цилиндра или конуса, а также другие углы.

Основные технические характеристики:

Точность прибора	5'
Габариты прибора	300x63x27 мм
Вес прибора	0,345 кг
Вес прибора в футляре	0,810 кг
Габариты футляра	320x97x42 мм
Цена деления шкалы лимба	10'

Устройство прибора

Внешний вид прибора показан на рисунках 1 и 2.

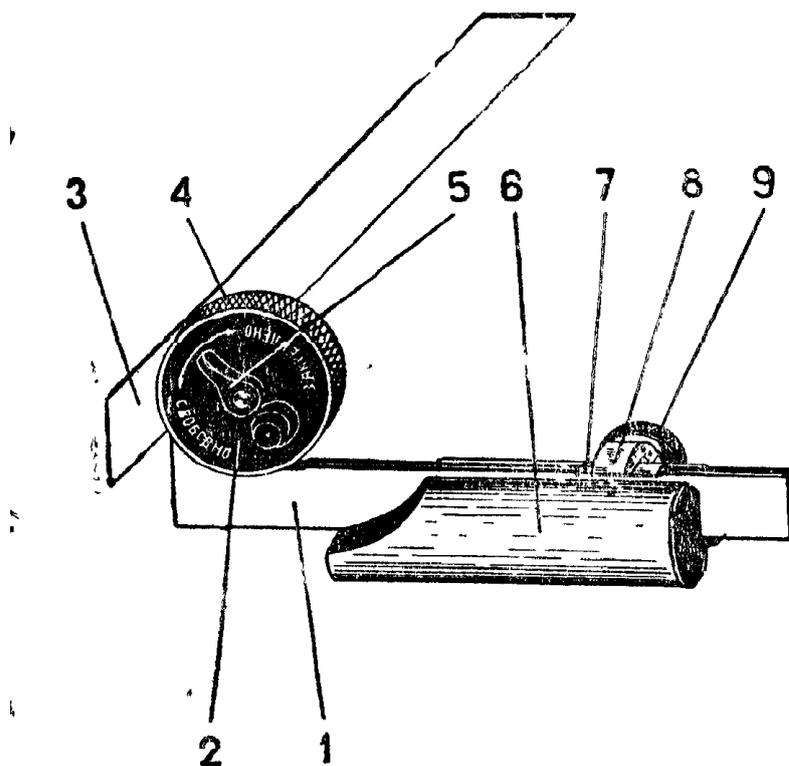


Рисунок 2 - Оптический угломер с подставкой

1 - сдвоенная линейка; 2 – корпус; 3 - сменная линейка; 4 - зажимное кольцо; 5 - зажимной рычаг; 6 - подставка; 7 - вкладыш; 8 - прижим; 9 - гайка.

Оптический угломер состоит из корпуса 2 (рисунок 2) с отчетным устройством и двух линеек — сдвоенной 1 и сменной 3, предназначенных для фиксации измеряемого угла. Сменных линеек к угломеру прилагается две: одна из них имеет длину 150 мм, другая — 300 мм. Кроме того, по усмотрению заказчика к угломеру прилагается подставка 6, основание которой оформлено в виде призмы. Эта подставка обеспечивает удобство при измерении углов, одной из сторон которых является образующая цилиндрической поверхности. При измерении таких углов сдвоенная

линейка угломера закрепляется в пазу подставки 6 посредством вкладыша 7, прижима 8 и гайки 9.

На рисунке 3 показано устройство оптического угломера.

Сдвоенная линейка 15 посредством резьбы жестко соединена с кольцом 2 корпуса угломера.

Сменная линейка 16 вставляется в вырез, имеющийся в основании 1, и может быть закреплена в любом положении по ее длине. Вместе с основанием 1 эта линейка может поворачиваться на любой угол относительно сдвоенной линейки и закрепляется в нужном положении.

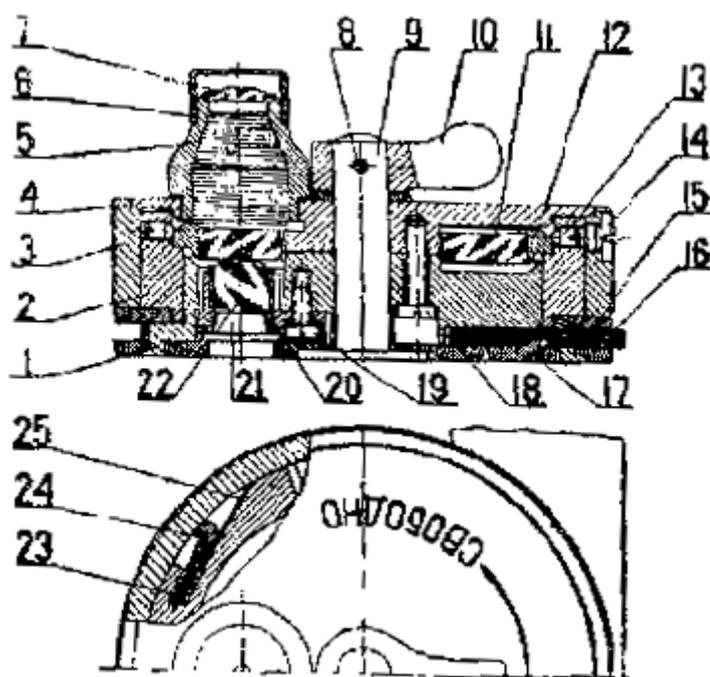


Рисунок 3 - Устройство оптического угломера

1—основание; 2—кольцо; 3—зажимное кольцо; 4—крышка; 5—оправа лупы; 6—бленда; 7—лупа; 8—штифт; 9—валик; 10—зажимной рычаг; 11—лимб; 12—оправа; 13—винт; 14—винт; 15—сдвоенная линейка; 16—сменная линейка; 17—зажимной диск; 18—винт; 19—винт; 20—промежуточная оправа; 21—оправа; 22—пластинка с индексом; 23—пружина; 24—ролик; 25—пластинка.

Закрепление сменной линейки по длине осуществляется поворотом зажимного рычага 10, который укреплен на конце валика 9, имеющего

эксцентрик, предназначенный для перемещения зажимного диска 17. При повороте зажимного рычага по часовой стрелке эксцентрик перемещает зажимной диск; при этом выступ зажимного диска, входящий в продольный паз линейки, прижимает линейку к основанию и тем самым закрепляет ее. Закрепление линеек под требуемым углом осуществляется поворотом зажимного кольца 3.

При вращении зажимного кольца по часовой стрелке ролик 24, увлекаемый зажимным кольцом, нажимает на пружинящую часть кольца 2 и скрепляет его с основанием 1, фиксируя тем самым линейку с установленном положении. При вращении зажимного кольца против часовой стрелки ролик откатывается в обратную сторону и освобождает кольцо 2.

Для того чтобы ролик находился все время в соприкосновении с поверхностями зажимного кольца 3 и кольца 2, предусмотрена пружина 23, а для уменьшения износа пружинящей части кольца 2 предусмотрена пластинка 25.

Отчетное устройство угломера состоит из стеклянного лимба 11 и пластинки с индексом 22. Лимб 11 посредством оправы 12 и винтов 13 крепится на кольце 2, жестко соединенном со сдвоенной линейкой. Ось лимба совпадает с осью вращения подвижной линейки.

На основании 1 винтами 19 закреплена промежуточная оправка 20, в которой посредством оправы 21 укреплен пластинка с индексом 22. Шкала стеклянного лимба 11 нанесена на плоскости, обращенной к индексу, и состоит из четырех секторов по 90° , разделенных на градусы и оцифрованных через каждые 5° . Каждый градус шкалы в свою очередь разделен на шесть частей. Таким образом, величина наименьшего интервала шкалы составляет 10 угловых минут.

Шкала лимба и индекс рассматриваются через лупу 7 с увеличением $16\times$. Оправка лупы 5 ввинчена в крышку 4, которая посредством винтов 18 скреплена с основанием 1. Освещение шкалы лимба и индекса производится через окно в зажимном, диске 17.

При установке линеек угломера по измеряемому углу отсчетный индекс, жестко связанный с кольцом 2 и сменной линейкой, поворачивается вместе с ними относительно стеклянного лимба, жестко связанного со сдвоенной линейкой, и по шкале лимба показывает отсчет, соответствующий измеряемому углу.

Работа с прибором

Для измерения угла оптическим угломером необходимо:

1. Вставить сменную линейку в вырез основания и поворотом зажимного рычага закрепить ее по длине в удобном для измерения положении.
2. Поворотом зажимного кольца против часовой стрелки освободить угловой зажим линеек.
3. Рабочие плоскости линеек плотно приложить к плоскостям или ребрам, образующим измеряемый угол. Качество прилеганий рекомендуется проверять на свет. Во избежание ошибок измерения сдвоенную линейку следует прикладывать только к плоскости. При измерении углов, одной из сторон которых является цилиндрическая поверхность, следует пользоваться подставкой, показанной на рисунке 2.
4. Поворотом зажимного кольца почасовой стрелке зафиксировать измеряемый угол. Чтобы не сбить установленного угла, при зажимании линеек не следует делать резких движений. Угломер при этом следует держать левой рукой за сдвоенную линейку. Зажимающее движение необходимо производить правой рукой, которая во избежание сбивания установленного угла должна прикасаться только к зажимному кольцу и не должна задевать другие детали угломера.
5. Направив окно для подсветки и сторону источника света, снять отсчет по шкале угломера.

Отсчет берется по ближайшему штриху деления лимба или по половине расстояния между двумя штрихами, то есть округляется до 5'. В этом случае ошибка отсчета не будет превышать 2,5'. Суммарная измерительная ошибка, определяющая точность прибора, складывается из трех основных ошибок; ошибки отсчета с учетом параллакса, ошибки в нанесении шкалы лимба и ошибки от эксцентриситета шкалы. Сумма этих ошибок в оптическом угломере не превышает 5'.

Необходимо помнить, что в тех случаях, когда измеряемые углы меньше 90°, индекс по шкале угломера непосредственно показывает величину измеряемого угла. В тех же случаях, когда измеряемые углы больше 90°, индекс показывает величину дополнительного угла.

Величина измеряемого угла в этом случае определяется по формуле:

$$\alpha_2 = 180^\circ - \alpha_1,$$

где α_1 — отсчет по шкале,

α_2 — измеряемый тупой угол.

На рисунке 4 изображено поле зрения угломера с отсчетом 5° 30'. Таким образом, если измеряемый угол меньше 90°, то при указанном отсчете его величина и будет равна $\alpha_1 = 5^\circ 30'$. Если же измеряемый угол больше 90°, то его величина будет равна $\alpha_2 = 180^\circ - \alpha_1 = 180^\circ - 5^\circ 30' = 174^\circ 30'$.

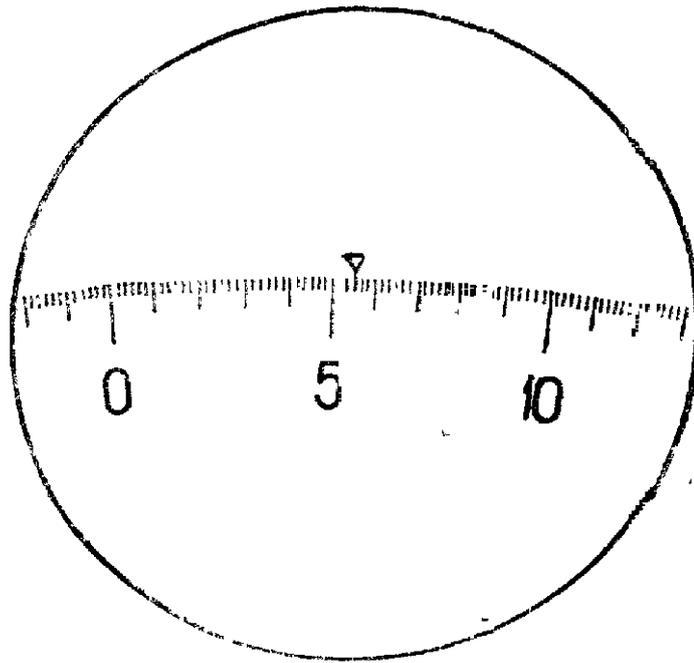


Рисунок 4

На рисунке 5 показаны некоторые примеры пользования угломером при измерении углов.

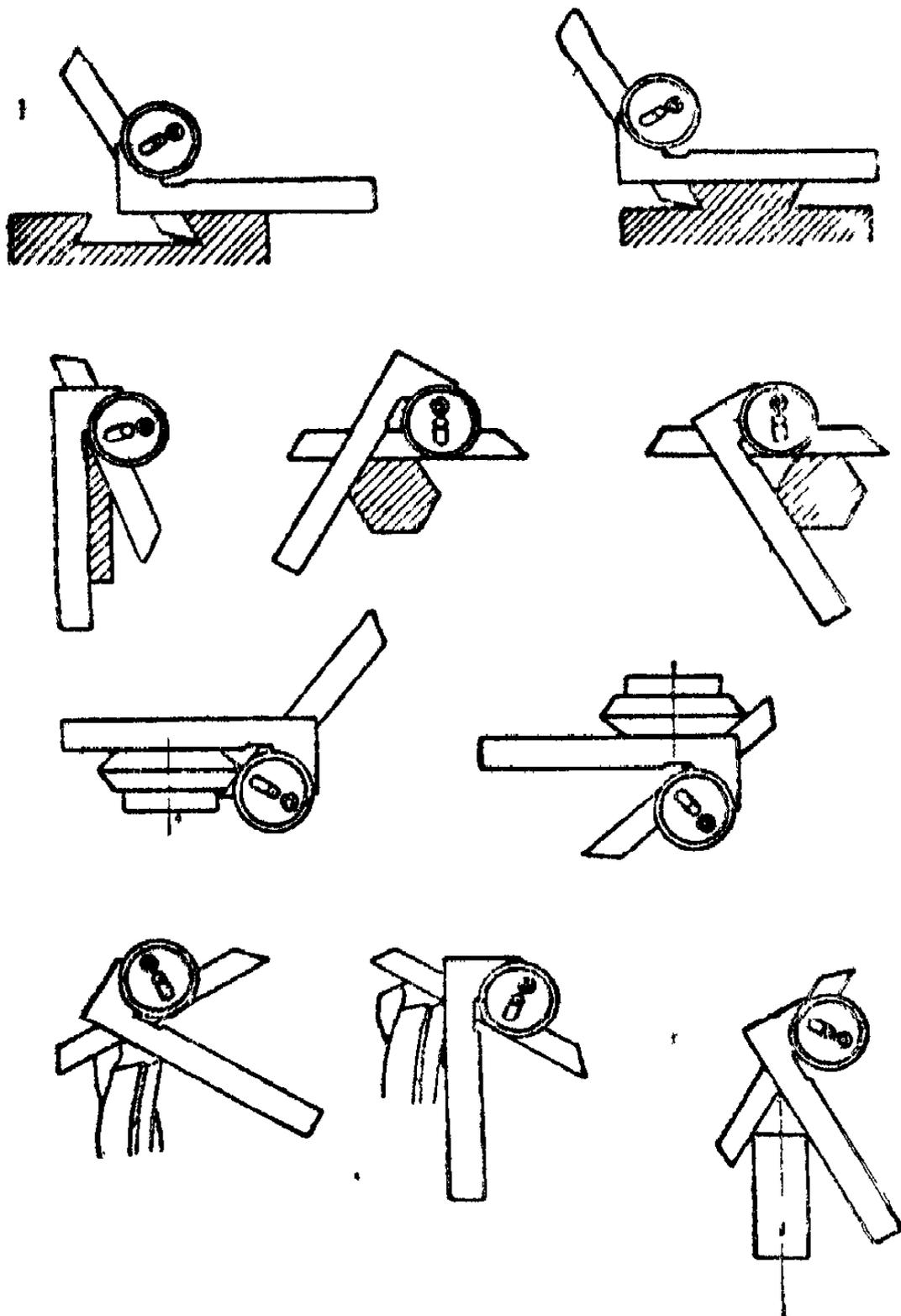


Рисунок 5

3. Объект исследования

Оптические призмы, оптические клинья.

4. Порядок работы

1. Измерить углы оптической призмы. Измерения каждого угла провести 6 раз. Зафиксировать результаты измерений.
2. Используя приведенные в теоретических сведениях приемы, измерить углы оптических клиньев. Измерения каждого угла провести 6 раз. Зафиксировать результаты измерений.
3. Для получения истинного результата измерения искомого угла вычислить среднее арифметическое на основе полученных данных.
4. Определить погрешность измерения.

5. Требования к оформлению отчета

1. Привести описание оптического угломера и его технические характеристики
2. Привести результаты измерения углов оптических клиньев.

6. Контрольные вопросы

5. Каков диапазон измеряемых величин и точность измерений?
6. Опишите основные приемы измерений при помощи оптического угломера.
7. Опишите особенности конструкции прибора позволяющие увеличить разрешение и точность измерения угловых величин.

7. ОБОРУДОВАНИЕ: оптический угломер №00859

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Определение фокусного расстояния методом измерения линейных увеличений

Цели и задачи работы.

Измерение фокусного расстояния положительной и отрицательной линз методом измерения линейных увеличений.

Основы теории.

В процессе изготовления, сборки, юстировки и контрольной приемки оптического прибора неоднократно измеряют фокусное расстояние и фокальные отрезки оптических компонентов системы: линз, объективов, окуляров и т. п., а также фокусное расстояние системы в целом (например, фотообъектива). Наиболее распространенными методами измерения фокусных расстояний являются следующие:

метод измерения линейных увеличений на оптической скамье — горизонтальной или вертикальной;

метод угловых измерений, осуществляемый на специальных приборах, которые снабжены точным угломерным устройством (гониометром или теодолитом) и оптической системой коллиматорного типа (коллиматор и простая или автоколлимационная зрительная труба);

коинцидентный метод, осуществляемый на специальном приборе, называемом коинциденц-фокометр;

определение фокусных расстояний плоских оптических деталей при помощи коллиматора и зрительной трубы.

Определение фокусного расстояния методом измерения линейных увеличений. Измерение линейного увеличения состоит в определении величины изображения y' тест-объекта, полученного в фокальной плоскости контролируемой оптической системы.

Измерения выполняют на оптической скамье. В качестве предмета используют либо сетку со штрихами, расстояние между которыми измерено с высокой точностью (0,005—0,002 мм), либо стандартную штриховую миру.

В случае применения штриховой меры величиной предмета y является расстояние AB между ее базовыми штрихами. Схема контрольной установки представлена на рис. 1. В фокальной плоскости объектива 3 коллиматора 2 помещают миру 1 или сетку с делениями. Проверяемую линзу или объектив 4 устанавливают между коллиматором 2 и измерительным микроскопом 5. Изображение $A'B'$ предмета, даваемое проверяемым объективом 4 в его фокальной плоскости, измеряют при помощи микроскопа 5 с винтовым окулярным микрометром 6.

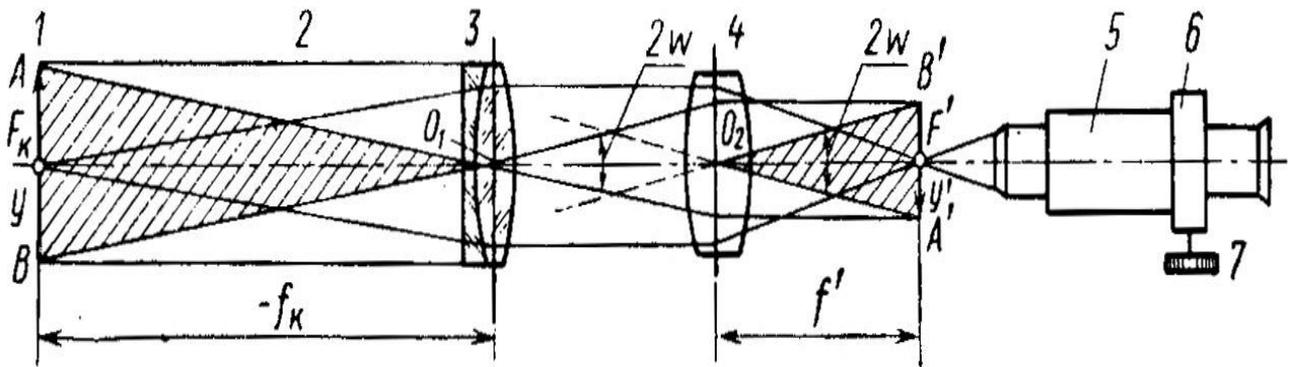


Рис. 1. Схема установки для определения фокусных расстояний методом линейного увеличения

Из подобных треугольников ABO_1 и $A'B'O_2$ имеем:

$$\frac{f'}{f_k} = \frac{y'}{y},$$

откуда

$$f' = f_k \frac{y'}{y}, \quad (1)$$

где f' — фокусное расстояние контролируемой оптической системы;

f_k — фокусное расстояние объектива коллиматора.

Определение фокусного расстояния f' контролируемой оптической

системы сводится к измерению линейного увеличения β и вычислениям по формуле (1). При измерении величины изображения y' необходимо учитывать увеличение, вносимое объективом микроскопа.

Определение фокусных расстояний отрицательных систем.

Для определения фокусного расстояния отрицательной системы любым из методов необходимо дополнить ее положительной системой с более коротким фокусным расстоянием, которое известно.

Фокусное расстояние f' сложной системы из двух компонентов (отрицательного и дополнительного положительного) можно вычислить по формуле

$$f' = \frac{f_1' f_2'}{f_1' + f_2' - d}, \quad (2)$$

где f_1' — фокусное расстояние проверяемой отрицательной системы;

f_2' — фокусное расстояние дополнительной системы;

d — расстояние между главными плоскостями систем.

Из формулы (2) находим выражение для фокусного расстояния отрицательной линзы:

$$f_1' = \frac{(f_2' - d)f'}{f_2' - f'}.$$

Для определения фокусных расстояний отрицательных систем можно использовать также метод определения видимого увеличения трубы Галилея. Как известно, труба Галилея состоит из положительного объектива и отрицательной линзы в качестве окуляра. Видимое увеличение трубы

$$\Gamma_T = \frac{f_1'}{f_2'},$$

где f_1' — фокусное расстояние объектива;

f_2' — фокусное расстояние окулярной отрицательной линзы.

Объектив 3 подбирают таким образом, чтобы его фокусное расстояние f_3' было больше искомого фокусного расстояния f_5 отрицательной линзы 5 (рис. 3). Установку монтируют на оптической скамье 9 или фокометре. Между коллиматором 1 и зрительной трубой 7 помещают составленную трубку Галилея 4. Продольным перемещением объектива 3 или отрицательной линзы 5 по направляющим оптической скамьи добиваются, чтобы задний фокус F_3' объектива 3 совпал с передним фокусом F_5 отрицательной линзы окуляра 5. Тогда из трубки Галилея выйдет параллельный пучок лучей и в поле зрения зрительной трубы 7 можно будет наблюдать наиболее резкое изображение $B'A'$ предметной шкалы AB , установленной в фокальной плоскости объектива 2 коллиматора.

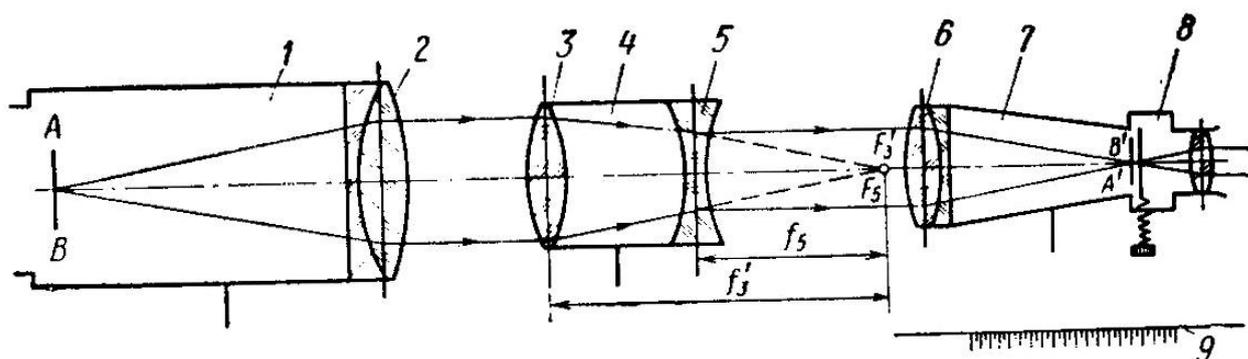


Рис. 3. Схема для определения фокусного расстояния отрицательных линз

Цена делений, нанесенных на предметной шкале AB , обычно равна $0,1$ мм. Зрительная труба 7 с объективом 6 установлена на бесконечность и снабжена окуляр-микрометром 8, при помощи которого измеряют величину изображения шкалы $B'A'$.

Обозначим размер изображения между двумя выбранными штрихами шкалы без трубки Галилея через y_0' , а размер изображения шкалы между теми же штрихами при введенной в схему трубке Галилея через y' . Тогда

увеличение галилеевской системы $\beta = \frac{y'}{y_0'}$.

Можно написать:

$$\frac{f_3'}{f_5} = \frac{y'}{y'}$$

где f_3' — фокусное расстояние дополнительного объектива.

Откуда контролируемое фокусное расстояние f_5' отрицательной линзы

$$f_5' = \frac{f_3' y_0'}{y'}$$

Объект исследования.

Положительная линза, отрицательная линза.

ОБОРУДОВАНИЕ: скамья автоколлимационная, оптические линзы.

Порядок работы.

1. В фокальной плоскости объектива коллиматора поместить мишуру или сетку с делениями.
2. Проверяемую линзу или объектив установить между коллиматором и измерительным микроскопом.
3. Изображение А 'В' предмета, даваемое проверяемым объективом в его фокальной плоскости, измерить при помощи микроскопа с винтовым окулярным микрометром. Измерения провести 6 раз. Зафиксировать результаты измерений.
4. Для получения истинного результата измерения вычислить среднее арифметическое на основе полученных данных.
5. Определить погрешность измерения.

Требования к оформлению отчета

1. Привести оптическую схему для определения фокусных расстояний методом линейного увеличения
2. Привести результаты измерений фокусных расстояний положительной и отрицательной линз.

Контрольные вопросы.

1. В чем суть измерения фокусного расстояния поверяемой оптической системы методом измерения линейных увеличений?
2. Из каких основных частей состоит лабораторная установка?
3. Каким объектом необходимо дополнить лабораторную установку для измерения фокусного расстояния отрицательной оптической системы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Измерение длины оптической детали при помощи микроскопа со спиральным окулярным микрометром

Цели и задачи работы.

Измерение длины оптической детали при помощи микроскопа со спиральным окулярным микрометром

Основы теории.

Спиральный и винтовой окулярные микрометры. Большая часть измерительных приборов снабжена отсчетными микроскопами со спиральными окулярными микрометрами, позволяющими измерять с большей точностью, чем винтовыми окулярными микрометрами.

Спиральный окулярный микрометр (рис. 1) состоит из окуляра и двух стеклянных пластинок: подвижной 1 и неподвижной 2. На подвижной пластинке, расположенной под неподвижной с зазором 0,1 мм, нанесены спиральная сетка (спираль Архимеда) из одиннадцати двойных витков и круговая шкала со 100 делениями. На неподвижной пластинке нанесены индекс в виде стрелки и две параллельные красные линии, одна из которых в интервале 5 мм разделена на 10 частей с оцифровкой от 0 до 10. Индекс служит указателем для отсчета по круговой шкале. Все одиннадцать витков спирали укладываются в десяти делениях неподвижной шкалы. Поворот пластинки со спиралью и круговой шкалой производится вращением рукоятки микрометра. При трех оборотах рукоятки спираль перемещается на один виток в пределах одного деления неподвижной шкалы. Увеличение объективов отсчетных микроскопов подбирают так, чтобы изображение интервала шкалы в 1 мм точно укладывалось в десяти делениях неподвижной шкалы (рис. 2). Тогда цена деления последней становится равной 0,1 мм, а круговой шкалы — 0,001 мм. Двойные витки спирали нанесены с интервалом 0,05 мм, а каждый двойной виток отстоит от соседнего на 0,5 мм. При рассмотрении через окуляр с увеличением $10\text{--}12^x$ эти расстояния становятся

соответственно равными 0,5—0,6 мм и 5—6 мм.

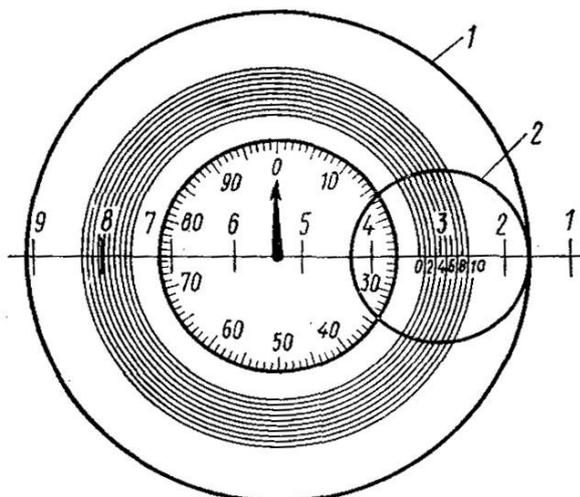


Рис. 1. Спиральный окулярный микрометр

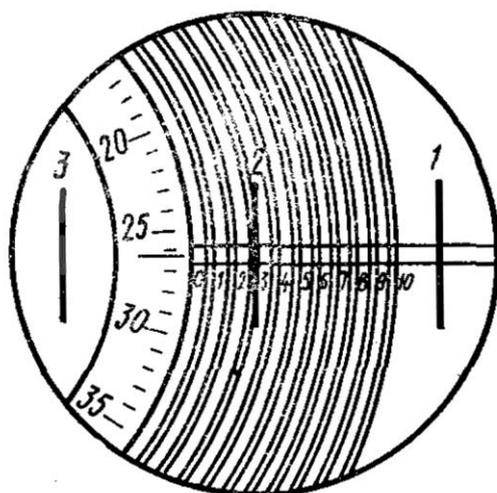
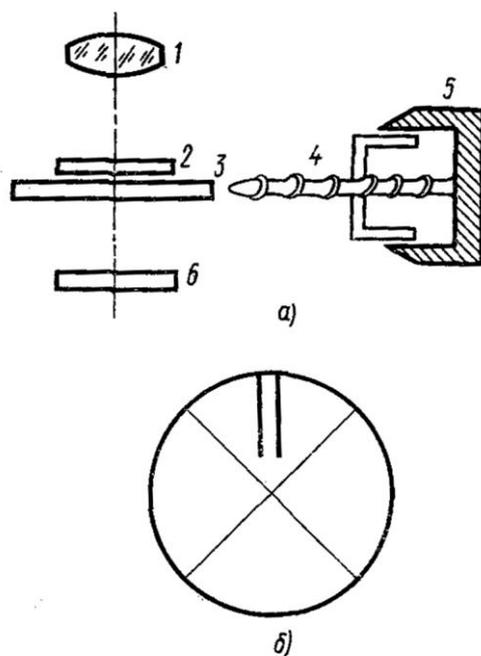


Рис. 2. Поле зрения спирального окулярного микрометра

Для снятия отсчета нужно один из ближайших двойных витков спирали привести на штрих образцовой шкалы прибора, расположенной в зоне спирали. Например, в поле зрения окуляра (рис. 2) видны три штриха образцовой шкалы с цифрами 1, 2 и 3, из которых один штрих с цифрой 2 попал в зону спирали. На этот штрих наводится двойной виток спирали как биссектор в пределах двух красных горизонтальных линий. Целые миллиметры отсчитывают, начиная с наведенного штриха образцовой шкалы, десятые доли — по неподвижной шкале от нуля до наведенного штриха, сотые, тысячные и десятитысячные доли миллиметра — по круговой

шкале относительно индекса. Десятитысячные доли миллиметра оценивают на глаз. При положении спирали, указанном на рис. 11, отсчет соответствует 2,2263 мм.



а — схема устройства винтового окулярного микрометра;
б — поле зрения винтового окулярного микрометра

Рис. 3. Винтовой окуляр-микрометр

Многие отсчетные микроскопы имеют винтовые окулярные микрометры простой конструкции. На рис. 3, а приведена принципиальная схема устройства, состоящего из окуляра 1 с увеличением 15^{\times} , в фокальной плоскости которого расположены шкала 2 с ценой деления 1 мм и оцифровкой от 0 до 8, и подвижная пластинка 3 с перекрестием и бисекторным индексом (рис. 3,б). Пластинка 3 передвигается с помощью винта 4 и отсчетного барабана 5. Для предохранения шкалы и пластинки от загрязнений имеется защитное стекло 6. Отсчетный барабан разделен на 100 частей с ценой деления 0,01 мм. Отсчеты берут сначала по оцифрованной шкале микрометра относительно индекса, а затем по барабану.

Объект исследования.
Оптическая деталь.

ОБОРУДОВАНИЕ: микроскоп со спиральным окулярным микрометром, оптическая деталь.

Порядок работы.

1. Установит оптическую деталь в поле зрения измерительного микроскопа.
2. Используя приведенные в теоретических сведениях приемы, измерить длину оптической детали. Измерения длины провести 6 раз. Зафиксировать результаты измерений.
3. Для получения истинного результата измерения вычислить среднее арифметическое на основе полученных данных.
4. Определить погрешность измерения.

Требования к оформлению отчета

1. Привести описание измерительного микроскопа со спиральным окулярным микрометром.
2. Привести результаты измерения размеров оптической детали и погрешности измерения.

Контрольные вопросы.

1. Опишите устройство спирального окулярного микрометра.
2. Опишите устройство винтового окулярного микрометра.
3. Какова точность измерения длины при помощи микроскопа со спиральным окулярным микрометром?
4. Какова точность измерения длины при помощи микроскопа с винтовым окулярным микрометром?

Список литературы

1. Малютин Д.М. Оптические измерения: Учебное пособие для вузов / Д.М.Малютин; ТулГУ.-Тула: Изд-во ТулГУ, 2004.-160 с.:ил.-24экз.
2. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико – электронных приборов: учебник для вузов /Ю. Г.Якушенков.- 5-изд., перераб. и доп.-М.:Логос, 2004.- 472с.:ил.- 2экз.
3. Креопалова Г.В. Оптические измерения: Учебник для вузов / Г.В.Креопалова, Н.Л.Лазарева, Д.Т. Пуряев; Под ред. Д.Т. Пуряева.- М.:Машиностроение, 1987.- 264 с.: ил- 15экз.