

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра приборостроения и информационно-измерительных технологий

КОНСТРУИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Методические указания к лабораторным работам

Составитель
Л.М. САМСОНОВ

Владимир 2005

УДК 681.2
ББК 34.9
К65

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент
зав. кафедрой технико-технологических дисциплин
Владимирского государственного педагогического университета
Л.Н. Шарыгин

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Конструирование измерительных приборов : метод. указания к
К65 лаб. работам / сост. Л. М. Самсонов ; Владим. гос. ун-т. – Владимир :
Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2005. – 46 с.

Составлены в соответствии с программой курса «Конструирование измерительных приборов».

Содержат указания к шести лабораторным работам. Приведены описания конструкций измерительных приборов и изложены принципы измерений различных величин. Указаны порядок выполнения работ и требования к оформлению отчетов. К каждой работе составлены контрольные вопросы, которые облегчают подготовку к зачету, приводится список рекомендуемой литературы.

Предназначены для студентов дневного отделения специальности 1901 – приборостроение.

Табл. 2 Ил 35. Библиогр.: 5 назв.

УДК 681.2
ББК 34.9

Курс “Конструирование измерительных приборов” относится к основным профилирующим предметам для инженеров, обучающихся по специальности 1901 – приборостроение. Знание этого курса подготавливает специалиста к проектно-конструкторской и производственно-технологической профессиональной деятельности. Поэтому, наряду с освоением лекционного материала, студент должен на лабораторных занятиях познакомиться с конструкциями измерительных приборов и получить навыки практической работы с ними.

При подготовке и оформлении методических указаний большая работа была выполнена студентами группы П-100 Ю.С. Клименковым и П.П. Корниловым

Лабораторная работа № 1

ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ

Цель работы:

1. Изучить конструкцию штангенинструментов.
2. Изучить методику измерения инструментами.
3. Изучить методику поверки инструментов.

1. Конструкция штангенинструментов

К распространенным средствам для непосредственного измерения линейных размеров и воспроизведения размеров при разметке относятся различные штангенинструменты. Объединяющим признаком штангенинструментов, давшим им название, является наличие штанги, на которую нанесена основная шкала с интервалом деления 0,5 или 1,0 мм и отсчетного устройства – *нониуса*, служащего для точного отсчета долей делений основной шкалы. Устройство штангенинструментов определяется их назначением. Рассмотрим некоторые виды штангенинструментов.

1.1 Штангенциркули

Наиболее распространенным видом штангенинструментов является штангенциркуль.

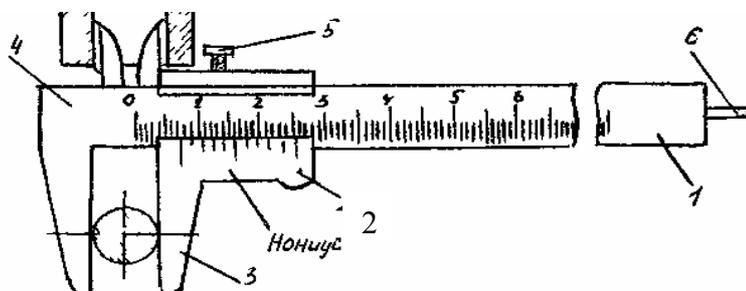


Рис. 1.1. Штангенциркуль ШЦ-I:

1 – штанга с нанесенными на ней делениями; 2 – рамка с нониусом; 3 – подвижные губки; 4 – неподвижные губки; 5 – зажим рамки; 6 – линейка для измерения глубины (только у штангенциркулей ШЦ-I)

Штангенциркули выпускаются следующих трех типов:

а) штангенциркуль ШЦ-I – с двухсторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и линейкой измерения глубин,

высот (рис.1.1) Величина отсчета по нониусу (цена деления) 0,1 мм. Предел измерения 0 – 125 мм. Отличается от других типов штангенциркулей наличием линейки для измерения глубин и отсутствием микрометрической подачи рамки;

б) штангенциркуль ШЦ-II с двухсторонним расположением губок для измерения и для разметки (рис. 1.2). Величина отсчета по нониусу (цена деления) 0,05 и 0,1 мм. Пределы измерений соответственно 0 – 160 и 0 – 250 мм.

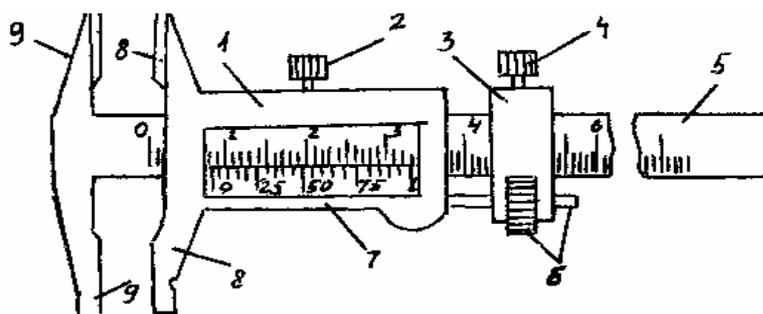


Рис. 1.2. Штангенциркуль ШЦ-II:

1 – рамка, 2 – зажим рамки, 3 – рамка микрометрической подачи, 4 – зажим рамки микрометрической подачи, 5 – штанга, 6 – гайка и винт микрометрической подачи рамки, 7 – нониус, 8 – подвижные измерительные губки, 9 – неподвижные измерительные губки

в) штангенциркуль ШЦ-III с односторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров (рис. 1.3). Величина отсчета по нониусу (цена деления) 0,05 и 0,1 мм. Пределы измерений: 0 – 160, 0 – 250, 0 – 400 мм и от 250 до 2000 мм. Спе-

циальные штангенциркули типа ШЦ-III с устройством для разметки имеют пределы измерений 1500 – 3000 и 2000 – 4000 мм.

Для получения правильных результатов при измерении штангенциркулями необходимо обеспечить нормальное измерительное усилие, которое достигается легким контактированием проверяемых поверхностей детали с измерительными поверхностями инструмента (рис. 1. 4).

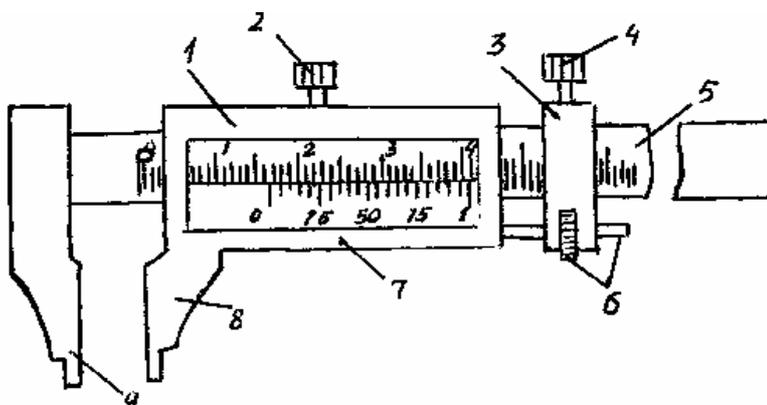


Рис 1.3. Штангенциркуль ШЦ-III:

1 – рамка, 2 – зажим рамки, 3 – рамка микрометрической подачи, 4 – зажим рамки микрометрической подачи, 5 – штанга, 6 – гайка и винт микрометрической подачи, 7 – нониус, 8 – губра рамки, 9 – губка штанги.

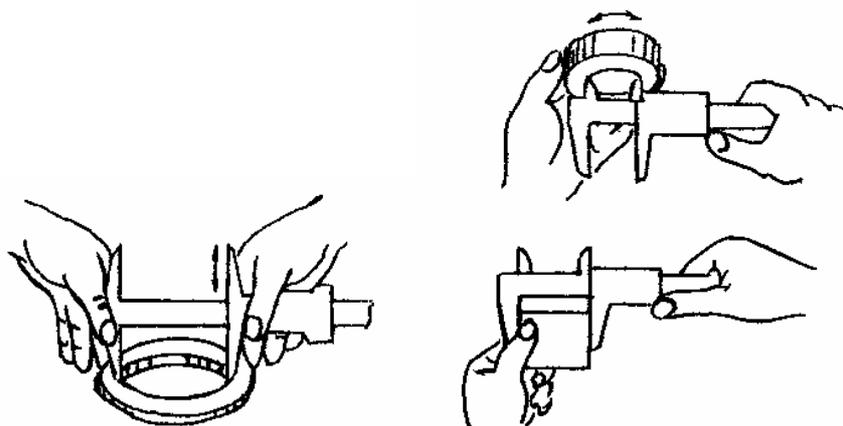


Рис. 1. 4. Проверка ощущением измерительного усилия

1.2. Штангенглубиномеры

Штангенглубиномеры типа ШГ представлен на рис. 1.5. Величина отсчета по нониусу (цена деления) 0,05 и 0,1 мм. Пределы измерений 0 – 160, 0 – 250, 0 – 400 мм для штангенглубиномеров с ценой деления 0,05 мм и 0 – 500 мм с ценой деления 0,1 мм. Предназначаются для из-

мерения линейных размеров, как, например, расстояния между параллельными плоскостями уступов, расточек, глубин отверстий, пазов и других углублений и высот. Штангенглубиномер имеет две измерительные поверхности. Одной из них служит торец штанги 1, а второй – нижняя плоскость основания 2.

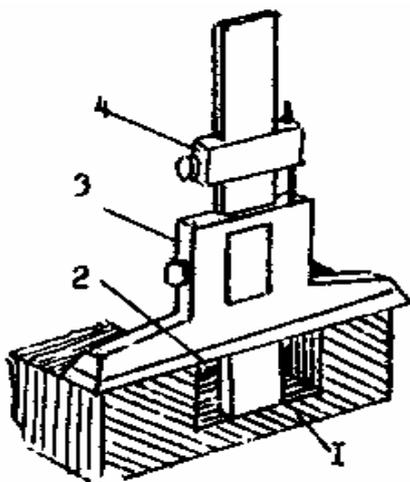


Рис. 1.5. Штангенглубиномер ШГ
1 – штанга; 2 – основание;
3 – рамка с нониусом; 4 – устрой-
ство микрометрической подачи

Величина отсчета по нониусу (цена ния) 0,05 и 0,1 мм. Пределы измерения) – 0,250 мм 0,1 от мм до пределм. На рис. 1.6, б показана разметочная плита 2 с установленным на ней штангенрейсмасом 1 и размечаемой деталью 3.

1.3 Штангенрейсмасы

Штангенрейсмасы типа ШР являются основными измерительными инструментами для разметки деталей (рис. 1.6, а). Применяются они также для измерения высот. Величина отсчета по нониусу (цена

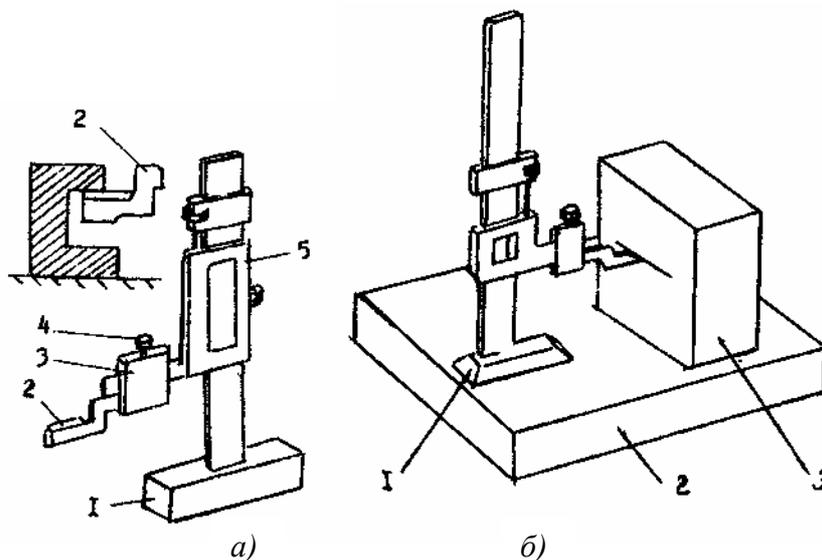


Рис. 1.6. Штангенрейсмас ШР

Конструкция штангенрейсмаса, в основном, повторяет перечисленные выше штангенинструменты и дополнительных пояснений не требует.

1.4. Принцип построения нониуса

Величина отсчета (цена деления) штангенинструментов 0,1; 0,05 и 0,02 (штангенинструмент с отсчетом 0,02 мм не выпускается, но еще используется на производстве) достигнута применением линейного нониуса (рис. 1.7). Линейным нониусом называется устройство, состоящее из 2 шкал, одна из которых – основная – обычно разделена на целые миллиметры (реже на 0,5 мм), а вторая – собственно нониус – позволяет производить отсчет дробных долей основной шкалы.

Для получения шкалы нониуса отрезок, равный 19 мм, делят на 10 равных частей. Интервал деления нониуса при этом составит $\frac{19}{10} = 1,9$ мм, что на 0,1 мм меньше целого числа миллиметров.

При нулевом показании штрих нониуса находится от ближайшего справа штриха на штанге на расстоянии, равном величине отсчета (цена деления) 0,1 мм, умноженном на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого, т.е. при перемещении рамки до совпадения какого-либо штриха нониуса со штрихом штанги размер между губками штангенциркуля (дробная величина) будет равен величине отсчета (цене деления) 0,1 мм, умноженной на порядковый номер этого штриха нониуса.

Целое число миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса.

Дальнейшее продолжение нониуса нецелесообразно, т.к. это приведет к повторению смещения штрихов нониуса относительно штрихов основной шкалы.

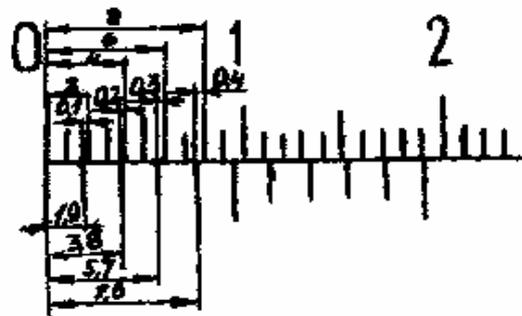


Рис. 1.7. Нониус с ценой деления 0,1 мм

Расчет нониуса

Для расчета нониуса вводим следующие обозначения:

s – величина отсчета по нониусу (цена деления);

a – интервал деления основной шкалы;

a' – интервал деления шкалы нониуса;

n – число делений нониуса;

γ – модуль нониуса, обычно 1 или 2, реже используются большие значения;

ℓ – длина шкалы нониуса.

Модуль нониуса (обязательно целое число) выбирается из конструктивных соображений с учетом удобства отсчета. Модуль показывает, сколько делений основной шкалы соответствует одному делению нониуса. Так, для нониуса на рис. 1.7 модуль $\gamma = 2$, а интервал деления шкалы нониуса $a' = 1,9$ мм, поэтому он меньше интервала деления основной шкалы, умноженной на модуль $a\gamma = 2$, на величину отсчета (цена деления) $c = 0,1$ мм.

Можно в общем виде записать зависимость:

$$a' = \gamma a - c.$$

Чем больше модуль γ , тем больше интервал деления шкалы нониуса и длиннее сама шкала.

Величина отсчета (цена деления) по нониусу: $c = a / n$.

Длина шкалы нониуса: $\ell = an$.

1.5. Погрешности штангенциркулей

Основные составляющие погрешности измерения штангенциркулями: погрешность показаний, просвет и неплоскостность (непараллельность и неперпендикулярность) измерительных поверхностей, изгиб штанги при измерении (силовые погрешности).

Наибольшее значение имеет погрешность отсчета. Поэтому повысить точность измерения штангенциркулями можно повышением точности отсчета, например, за счет сокращения параллакса. Исходя из этого толщина кромки скоса нониуса должна быть не более 0,15 – 0,20 мм, а зазор между штангой и нониусом не должен превышать 0,07 – 0,09 мм. Ширина штрихов шкалы штанги и нониуса должна находиться в пределах 0,08 – 0,12 мм.

Существенные погрешности измерения получаются вследствие несовпадения линии измерения с линией отсчета по шкале (несоблюдение принципа Аббе). Эти погрешности возникают в результате перекоса измерительных органов инструмента в связи с наличием зазоров в направляющих и отклонением их от прямолинейности. На точность измерения оказывает влияние отклонение α (рис. 1.8) измерительной поверхности подвижной губки от перпендикулярности к направляющей поверхности штанги. Погрешность Δ кроме того зависит от длины L губок. Эта погрешность подсчитывается по формуле

$$\Delta = L \sin \alpha.$$

Допустимые суммарные погрешности штангенциркулей нормируются в пределах величины отсчета (цены деления) по нониусу (т.е. соответственно $\pm 0,05$ и $\pm 0,1$ мм).

Итак, вследствие наличия зазора между штангой и рамкой при приложении измерительного усилия возникает погрешность.

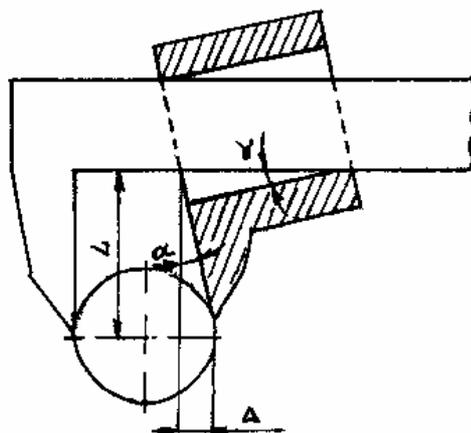


Рис. 1.8. Штангенциркуль с перекошенной рамкой

1.6. Неисправность штангенциркулей и их поверка

К основным неисправностям, нарушающим точность показаний штангенциркулей, относятся: износ измерительных поверхностей и затупление острых концов губок; износ измерительных поверхностей штанг и рамок, приводящий к перекосу измерительных поверхностей губок; ослабление пружины, расположенной в рамке под стопорным винтом и смещение ее относительно стопорного винта.

Показания штангенциркулей с величиной отсчета 0,05 мм проверяют при помощи концевых мер третьего класса точности, а с величиной отсчета 0,1 мм – концевыми мерами четвертого класса.

Для выявления перекоса подвижной губки относительно неподвижной отсчет производят дважды при установке концевых мер в крайних по-

ложениях между измерительными поверхностями. По разности показаний можно судить о величине непараллельности измерительных поверхностей, вызванной перекосом подвижной губки.

Степень износа измерительных поверхностей можно определить по величине несовпадения нулевых штрихов основной шкалы и шкалы нониуса при плотно сдвинутых губках. Величина просвета между измерительными поверхностями при сдвинутых губках для штангенциркулей с величиной отсчета 0,02 и 0,05 мм не должна превышать 0,003 мм и для штангенциркулей с величиной отсчета 0,1 – 0,006 мм. Величину просвета между измерительными поверхностями губок определяют при дневном освещении на глаз, сравнивая его с допускаемым просветом.

Проверка износа измерительных поверхностей губок для внутренних измерений производится следующим образом. Между губок для наружных измерений помещают концевую меру. После этого при помощи другого штангенциркуля проверяют расстояние между губками для внутренних измерений, которое должно быть равно размеру используемой концевой меры.

Неточности показаний, вызванную износом, устраняют рихтовкой губок штангенциркуля с последующей доводкой их измерительных поверхностей. Рихтовкой устраняют непараллельность измерительных поверхностей губок.

2. Порядок проведения лабораторной работы

2.1. Ознакомиться с методическими указаниями к лабораторной работе.

2.2. Получить у преподавателя детали для измерения.

2.3. Провести измерения и записать результаты в таблицу:

Номер детали	1-й размер	2-й размер	<i>n</i> -й размер
1				
2				
3				

2.4. Провести поверку штангенциркуля по концевым мерам и записать результаты в таблицу:

Размер блока А, мм	30	35	40	45	50
Отсчет по штангенциркулю L , мм					
Погрешность $\Delta = A - L$					

3. Содержание отчета

- 3.1. Цель работы.
- 3.2. Общий вид штангенциркуля (рис.1.1).
- 3.3. Схема нониусной шкалы (рис. 1.7).
- 3.4. Результаты измерения деталей.
- 3.5. Результаты поверки штангенциркуля.
- 3.6. Вывод.

4. Контрольные вопросы

4.1. Определить число делений шкалы нониуса при следующих данных: цена деления основной шкалы 1 мм, модуль равен единице, величина отсчета 0,05 и 0,1 мм.

- 4.2. Соблюдается ли принцип Аббе при измерении штангенциркулями?
- 4.3. Какие источники погрешности существуют при измерении штангенциркулями?
- 4.4. Какие виды неисправностей штангенциркулей вы знаете?
- 4.5. В чем заключается принцип построения нониуса?

Лабораторная работа № 2

МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Цель работы:

1. Изучить конструкцию микрометрических инструментов.
2. Изучить методику измерения инструментами.
3. Изучить методику поверки инструментов.

1. Конструкция микрометрических инструментов

В машиностроении и приборостроении широко применяют микрометрические инструменты общего назначения: микрометры, микрометрические глубиномеры и нутромеры, рычажные микрометры. Метод измерения прямой, абсолютный контактный.

Микрометрические инструменты основаны на применении винтовой микропары, преобразующей вращательное движение микрометрического винта в поступательное. Рассмотрим некоторые конструкции микрометрического инструмента.

1.1. Микрометры

Микрометры являются более совершенным измерительным инструментом по сравнению со штангенциркулями. С помощью микрометров можно производить измерения с точностью до 0,01 мм (рис. 2.1).

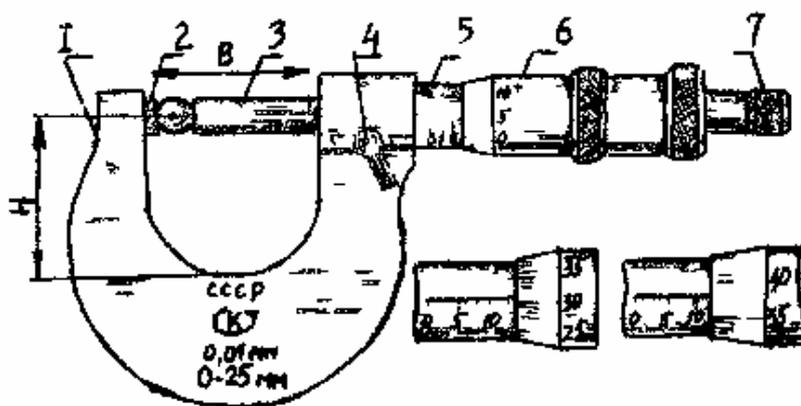


Рис. 2.1. Микрометр:

1 – скоба; 2 – пятка, запрессованная в скобу; 5 – стержень; 4 – зажимное устройство стопора; 6 – барабан с микрометрическим винтом (3); 7 – трещотка. Размер B – предел измерения (численно равен верхнему пределу измерения); H – вылет скобы

К микрометрам с нижним пределом 25 мм и более прилагаются установочные меры для поверки нулевого положения.

Все типоразмеры микрометров имеют однотипную микрометрическую головку (рис. 2.2), обеспечивающую измерения размеров в интервале 25 мм.

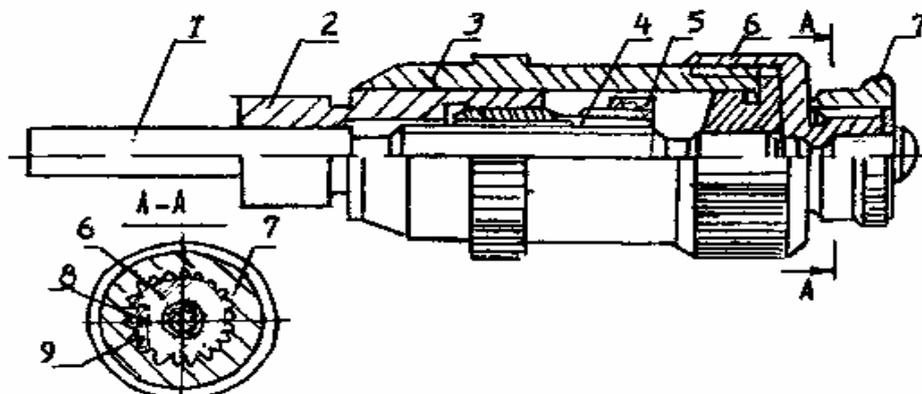


Рис. 2.2. Микрометрическая головка ГМР:

1 – микрометрический винт; 2 – стемель с миллиметровой шкалой; 3 – барабан с коническим нониусом; 4 – микрогайка (для исключения зазора в резьбе микропары резьба микрогайки выполнена на ее разрезанном конце, снабженном наружной резьбой и нониусом); 5 – регулировочная гайка; 6 – установочный колпачок для закрепления барабана 3; 7 – трещотка с внутренней зубчатой поверхностью (шлицевая втулка) для обеспечения измерительного усилия до 7 ± 2 Н.

Стандарт устанавливает следующие типы микрометров:

1. Микрометры гладкие МК с плоскими измерительными поверхностями для точных измерений наружных размеров (рис. 2.3). Цена деления 0,01 мм. Пределы измерения 0 – 25, 25 – 50, 50 – 75, ... до 300 мм через 25 мм и от 300 до 600 мм через 100 мм. Микрометры для размеров свыше 300 мм имеют сменные пятки или удлиненную переставную, которая может перемещаться на 75 мм, что совместно с перемещением микровинта на 25 мм и обеспечивает интервал измерения 100 мм.



Рис. 2.3. Микрометры МК

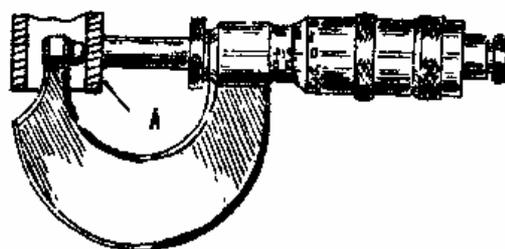


Рис. 2.4. Микрометр МТ

2. Микрометры МТ для измерения изделий с вогнутыми поверхностями (рис. 2.4). Микрометр имеет сферическую пятку и срезанную скобу, позволяющую осуществлять измерение

толщины стенок у изделий с внутренним диаметром от 12 мм и выше. Цена деления 0,01 мм. Пределы измерений 0 – 25 и 25 – 50 мм.

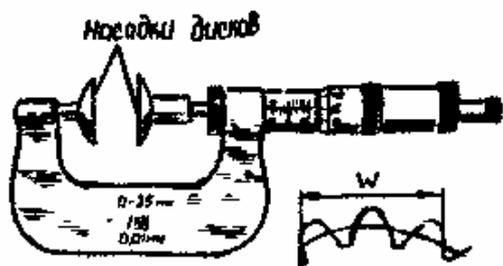


Рис. 2.5. Микрометр зубомерный

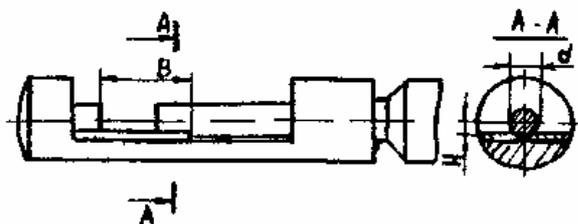


Рис. 2.6. Микрометр для проволоки

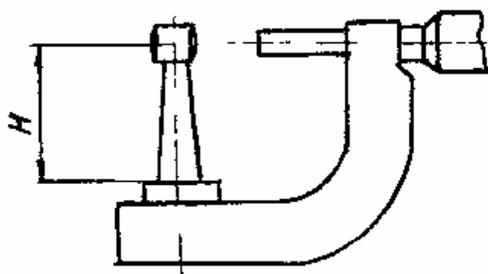


Рис. 2.7. Микрометр для труб

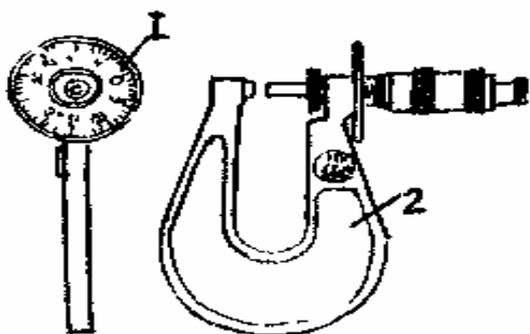


Рис. 2.8. Микрометр листовой мл:

1 – циферблат, 2 – скоба шаг 0,5 мм

3. Микрометры зубомерные МЗ для измерения длины общей нормали W зубчатых колес (рис. 2.5), цена деления 0,01 мм. Предел измерений 0 – 25, 25, ... до 150 мм через 25 мм.

4. Микрометры для измерения диаметра проволоки (рис. 2.6). Предел измерения 0 – 10 мм. Цена деления 0,01 мм.

5. Микрометры для измерения толщины стенок труб с внутренним диаметром 8 мм и более (рис. 2.7). Предел измерения 0 – 25 мм. Цена деления 0,01 мм.

6. Микрометры листовые МЛ с циферблатом для измерения толщины листов и лент (рис. 2.8). Шаг микровинта 0,5 мм. Для быстроты измерений шаг микровинта иногда делают 1 мм. Стрелка-указатель вращается вместе с барабаном. Цена деления 0,01 мм. Пределы измерений 0 – 5 мм, 0 – 10, 0 – 15.

7. Микрометры резьбовые МВМ для измерения метрической и дюймовой резьб и МВТ для измерения трапецеидальных резьб и с шаровыми вставками (рис. 2.8).

Они комплектуются наборами вставок с углом профиля резьбы:

типы ВМП, ВМК – для метрических резьб – 60°;

типы ВДП, ВДК – для дюймовых резьб – 55°;

типы ВТП, ВТК – для трапецеидальных резьб – 30°.

Цена деления 0,01 мм. Пределы измерений: МВМ – 0 – 25 до 300 мм через 25 мм; МВТ – 0 – 20, 20 – 45 мм до 345 мм через 25 мм.

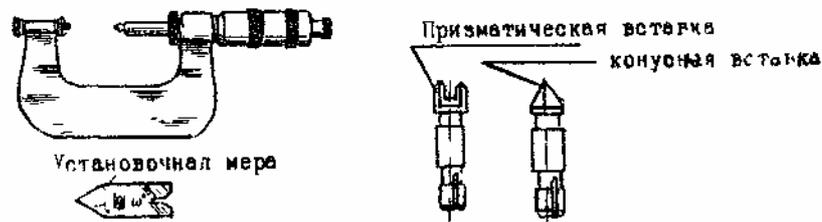


Рис. 2.9. Микрометр резьбовой МВМ

8. Микрометры МВП со вставками для измерения толщины деталей из мягких материалов (рис. 2.10). Диаметр вставок 12 мм. Цена деления 0,01 мм. Предел измерения 0 – 25 мм.

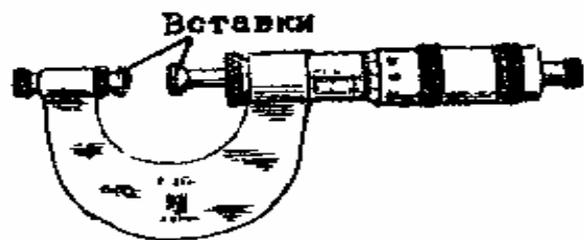


Рис. 2.10. Микрометр МВП

9. Микрометры универсальные УМК (рис. 2.11) для измерения расстояния между поверхностями детали, не совпадающими с линией измерения, а также для измерения деталей сложной конструкции. Цена деления 0,01 мм. Предел измерения 0 – 25 мм.

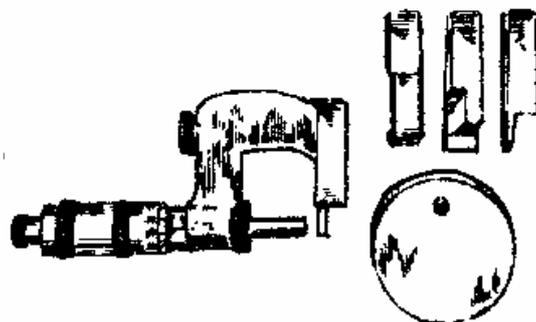


Рис. 2.11. Микрометр универсальный УМК

10. Микрометры для внутренних измерений (рис. 2.12). В отличие от микрометров для наружных измерений нулевое деление шкалы микрометра для внутренних измерений расположено не слева, а справа, и цифры идут справа налево. Цена деления 0,01 мм. Пределы измерений 5 – 30 и 30 – 55 мм.

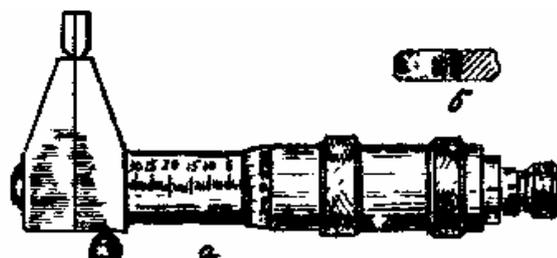


Рис. 2.12. Микрометр для внутренних измерений

11. Микрометры настольные (вертикальный – рис. 2.13 и горизонтальный – рис. 2.14) для контроля малогабаритных деталей в часовой промышленности. Цена деления 0,01 мм. Предел измерения 0 – 10 мм. Диапазон

измерений увеличивается до 20 мм (для горизонтального микрометра) за счет перестановки пятки микрометра. Шаг микрометра может быть 0,5 и 1 мм.

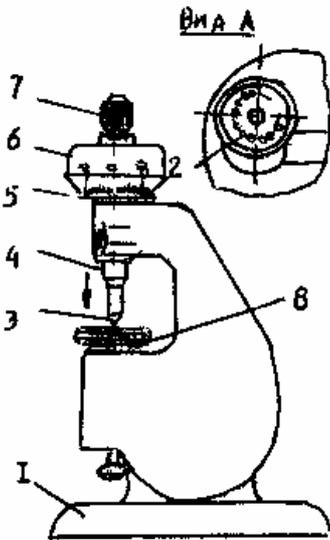


Рис. 2.13. Микрометр настольный вертикальный: 1 – корпус, 2 – поворотный лист, 3 – измерительный наконечник, 4 – подвижный измерительный стержень, 5 – стержень, 6 – барабан, 7 – фрикцион, 8 – измерительный стол

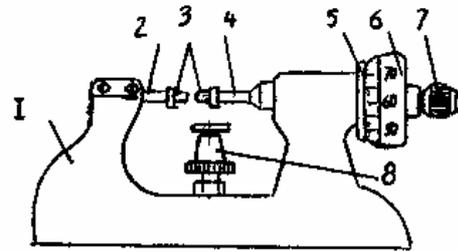


Рис. 2.14. Микрометр настольный горизонтальный: 1 – корпус, 2 – измерительная пятка, 3 – измерительные наконечники, 4 – подвижный измерительный стержень, 5 – стержень, 6 – барабан, 7 – фрикцион, 8 – измерительный стол

1.2. Принцип работы микрометра

Целое число миллиметров и половину миллиметра отсчитывают краем скоса барабана 1 по шкале стебля (рис. 2.15).

Интервал деления шкалы стебля 0,5 и 1 мм. Для оценки доли деления основной шкалы (шкалы стебля) используется винтовая микропара с шагом резьбы, равным интервалу деления основной шкалы, т.е. 0,5 или 1 мм. На коническом конце барабана 1 нанесена круговая шкала с числом деления $n = 50$ (рис. 2.15).

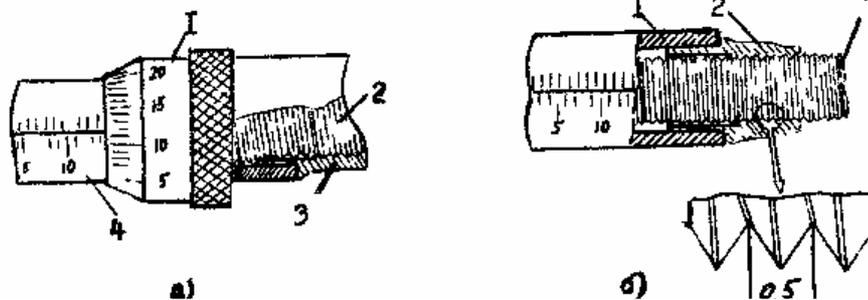


Рис. 15. Принцип работы микрометра:
 а – 1 – барабан, 2 – микровинт, 3 – резьбовая втулка, 4 – стержень;
 б – Винтовая пара: 1 – стержень, 2 – резьбовая втулка, 3 – микровинт

Винтовая микропара преобразует небольшие продольные перемещения микровинта, соответствующие изменению проверяемого размера, в большие перемещения круговой шкалы барабана. При повороте круговой шкалы на 1 оборот, связанный с ней микровинт переместится на шаг резьбы $S = 0,5$ мм (рис. 2.15, б). Из этого условия следует, что чувствительность K (передаточное отношение) винтовой микропары будет равна:

$$K = \frac{2\pi R}{S},$$

где R – радиус круговой шкалы барабана; S – шаг резьбы микровинта.

Цена деления c круговой шкалы определяется формулой

$$c = \frac{S}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ мм},$$

т.е. поворот барабана на одно деление ($1/50$ шага) вызывает осевое перемещение микровинта на 0,01 мм.

1.3. Методы поверки микрометров

Поверку погрешностей показаний микрометров производят по концевым мерам 5-го разряда или 2-го класса точности в следующих точках шкалы (через 0,12 мм, т.е. через четверть оборота микровинта): A ; $A+5,12$; $A+10,24$; $A+15,36$; $A - 20,5$ и $A+25$ мм, где A – нижний предел измерения микрометра.

Плоскостность измерительных поверхностей проверяют техническим интерференционным методом с помощью плоских стеклянных пластин. Допускается неплоскостность до 0,9 мкм (три интерференционные полосы) без учета участков в 0,5 мм от краев измерительных поверхностей.

Параллельность измерительных поверхностей пятки и микровинта у микрометров с пределом измерения до 100 мм проверяют с помощью комплекта плоскопараллельных пластин интерференционным способом через каждую четверть оборота микровинта (4 комплекта пластин с разницей размеров в 0,12 мм). Параллельность измерительных поверхностей микрометров с большими пределами измерений проверяется с помощью комплекта специальных мер.

1.4. Регулировка и ремонт микрометров

Регулировка микрометров производится при несовпадении нулевых штрихов шкалы стебля и шкалы барабана. При соприкосновении измерительных поверхностей пятки и микровинта скошенный край барабана должен устанавливаться так, чтобы на стебле был полностью виден начальный штрих шкалы, а нулевой штрих шкалы барабана должен совпадать с продольным штрихом на стебле.

Если микрометр установлен неправильно, производят регулировку положения барабана. Для этого, закрепив стопорным устройством микровинт, осторожно отвинчивают установочный колпачок на пол-оборота. Затем устанавливают барабан в правильное (нулевое) положение и закрепляют поворотом корпуса трещотки.

Ослабление перемещения винта происходит за счет износа, приводящего к увеличению зазора в резьбе. При относительно небольшом износе ослабленное перемещение винта устраняется поворотом конусной гайки.

Износ измерительных поверхностей пятки и шпинделя (микровинта) сопровождается нарушением их плоскостности и параллельности, что приводит к большим погрешностям измерения. Выравнивание измерительных поверхностей производится шлифовкой и последующей доводкой.

2. Порядок проведения лабораторной работы

2.1. Ознакомиться с методическими указаниями к лабораторной работе.

2.2. Получить у преподавателя детали для измерения.

2.3. Провести измерения и записать результаты в таблицу:

Номер детали	1-й размер	2-й размер	n-размер
1				
2				
3				

2.4. Провести поверку микрометра по концевым мерам и записать результаты в таблицу:

Размер блока A , мм	30	35	40	45	50
Отсчет по микрометру L , мм					
Погрешность $\Delta = A - L$					

3. Содержание отчета

- 3.1. Цель работы.
- 3.2. Общий вид микрометра (см. рис. 2.1).
- 3.3. Схема микрометрической головки (см. рис. 2.2).
- 3.4. Результаты измерения деталей.
- 3.5. Результаты поверки микрометра.
- 3.6. Вывод.

4. Контрольные вопросы

- 4.1. Конструкция и виды микрометров.
- 4.2. Что относится к основным частям микрометрической головки?
- 4.3. Каков принцип работы микрометра?
- 4.4. Как определяется чувствительность винтовой микропары и цена деления круговой шкалы микрометра?
- 4.5. Каковы методы поверки микрометра?
- 4.6. Как производят регулировку микрометра?

5. Литература

1. *Зябрева, Н. Н.* Лабораторные занятия по курсу «Основы взаимозаменяемости и технические измерения» / Н. Н. Зябрева, М. Я. Шегал. – М.: Машиностроение, 1966.

1. *Подмастерьев, К. В.* Точность измерительных устройств. Учеб. пособие / К. В. Подмастерьев. – Орел: ГТУ, 2004. – 140 с. – ISBN 5-93932-034-1.

Лабораторная работа № 3

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ОПТИМЕТР

Цель работы:

1. Изучить оптическую схему и принцип действия оптиметра.
2. Настроить оптиметр на заданный размер детали.
3. Измерить высоту детали и определить отклонение измеряемого размера.

1. Оптико-механические приборы

Конструкция оптиметра основана на применении наряду с механическим также оптического рычага.

К приборам этой группы относятся оптиметры (вертикальный и горизонтальный), ультраоптиметр, оптикатор и др.

Метод измерений при помощи рычажно-оптических приборов контактный и относительный. Абсолютным методом можно измерять только детали, размеры которых не превосходят предела измерений по шкалам приборов.

Установочной мерой, по которой прибор устанавливается на нуль, служит обычно блок концевых мер длины.

Класс или разряд концевых мер, применяемых при установке на нуль, определяют, пользуясь таблицами-приложениями, там же указаны допустимые отклонения от нормальной измерительной температуры +20 °С.

Приборы снабжаются плоскими, сферическими и ножевидными измерительными наконечниками. Форма применяемого для измерений наконечника определяется конфигурацией детали. Контакт между поверхностью детали и поверхностью измерительного наконечника при измерении рычажно-механическими приборами должен быть таким, чтобы поверхность контакта имела наименьшую протяженность, т.е. контакт должен быть точечным или линейным, в противном случае волнистость поверхности будет искажать результаты измерений. Исходя из этих условий при измерении плоских и цилиндрических объектов применяют сферические наконечники, а для цилиндрических объектов с диаметрами менее 10 мм – ножевидные. При измерении сферических объектов применяют плоские наконечники.

Изготавливаются оптиметры следующих типов:

ОВО-1 – вертикальный с окуляром; ОВЭ-1 и ОВЭ-02 – вертикальные с проекционным экраном; ОГО-1 – горизонтальный с окуляром; ОГЭ-1 – горизонтальный с проекционным экраном. Характеристики оптиметров приведены в табл.1.

Измерительной головкой оптиметра является трубка 1 (рис. 3.1) оптиметра.

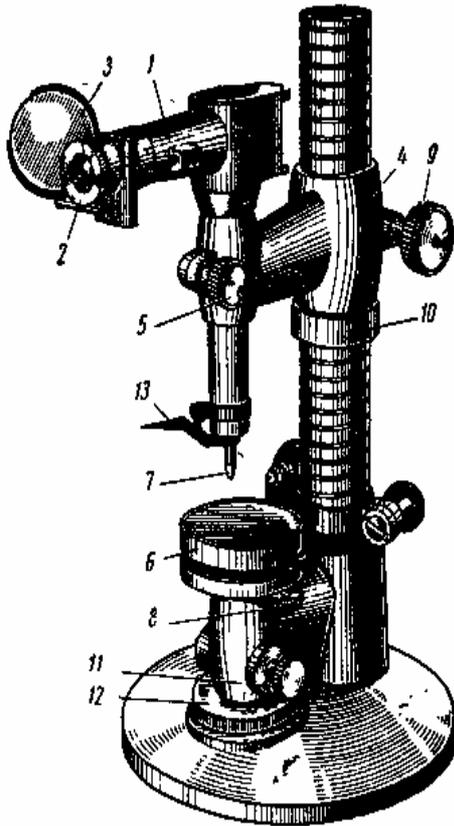


Рис. 3.1. Общий вид оптиметра

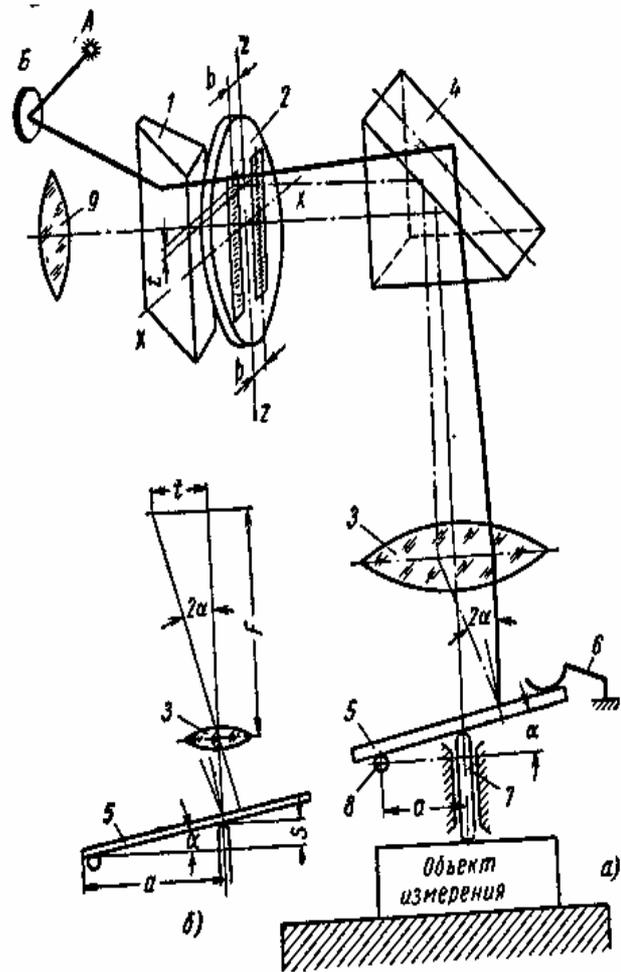


Рис. 3.2. Принципиальная схема устройства трубки

Корпус трубки оптиметра изогнут под прямым углом. В передней части трубки расположен окуляр 2, в который наблюдается изображение шкалы прибора. Слева находится осветительная щель, в которую зеркальцем 3 направляется свет от какого-либо постороннего источника. Последние модели оптиметра снабжены проекционным приспособлением, на экран которого проектируется изображение шкалы.

Трубка оптиметра может быть укреплена в вертикальной стойке, в этом случае прибор называется вертикальным оптиметром, и в горизон-

тальной стойке, в этом случае прибор называется горизонтальным оптиметром.

На рис. 3.2, *a* изображена принципиальная схема устройства трубки оптиметра ОВО-1.

Пучок лучей от источника света *A*, расположенного вне прибора, зеркалом *B* направляется в щель, находящуюся в корпусе трубки, преломляется в трехгранной призме 1 и проходит через шкалу, нанесенную на прозрачной пластине 2. Пластина 2 находится в фокальной плоскости объектива 3. Главная оптическая ось объектива проходит через центр сечений пластины 2 и зеркала 5. Шкала на пластине 2 нанесена на расстоянии *b* от главной оптической оси. На схеме сплошной линией показан ход одного из лучей пучка.

Расходящийся пучок лучей входит в призму 4 полного внутреннего отражения и, отразившись от нее под углом 90° , попадает в объектив 3. Объектив превращает расходящийся пучок лучей в пучок параллельных лучей, падающих на зеркало 5.

Зеркало 5 прижимается пружиной 6 к измерительному стержню 7 прибора. При измерении детали стержень 7, смещаясь, поворачивает зеркало вокруг оси, проходящее через центр шарика 8, на какой-либо угол α .

Таким образом, пучок параллельных лучей падает на зеркало под углом α к перпендикуляру к плоскости зеркала, проведенному в точке падения. Следовательно, угол между лучом падающим и лучом отраженным будет равен 2α . Ход одного из лучей отраженного пучка показан пунктиром.

Отраженный пучок параллельных лучей, проходя через объектив, превращается в сходящийся пучок лучей, который в фокальной плоскости объектива дает изображение шкалы.

Изображение шкалы на пластине 2 будет смещено относительно самой шкалы как по оси *z*, так и по оси *x*. По оси *x* изображение шкалы будет смещено на постоянную величину *b*, равную смещению шкалы относительно главной оптической оси объектива. Это смещение дает возможность наблюдать в окуляр изображение шкалы отдельно от самой шкалы. При наблюдении в окуляр изображение шкалы будет перемещаться в правой части пластины 2. Левая же часть пластины со стороны, обращенной к наблюдению, заэкранирована.

Характеристики оптиметров

Параметры и размеры оптиметров		Типы оптиметров					
		ОВО-1	ОВЭ-1	ОВЭ-02	ОГО-1	ОГЭ-1	
1. Цена деления шкалы		0,001	0,001	0,0002	0,001	0,001	
2. Пределы измерения по шкале в мм		$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,025$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	
3. Верхний предел измерения наружных размеров в мм		180	200	160	500	–	
4. Пределы измерения внутренних размеров в мм	С помощью приспособления с дугами	Длина	–	–	–	5 – 400	5 – 400
		диаметр	–	–	–	5 – 150	5 – 150
	С помощью электроконтактной головки		–	–	–	1 – 13,5	1 – 13,5
5. Измерительное усилие не более, г	При наружных измерениях	200 ± 20	200 ± 20	–	200 ± 20	200 ± 20	
	При внутренних измерениях	–	–	–	250	250	
6. Пределы регулирования измерительного усилия, г		–	–	50 – 150	–	–	
7. Погрешность показаний измерительного устройства (мм) на участке шкалы	От 0 до $\pm 0,06$	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$	–	$\pm 0,0002$	$\pm 0,0002$	
	Св. $\pm 0,06$	$\pm 0,0003$	$\pm 0,0003$	–	$\pm 0,0003$	$\pm 0,0003$	
	От 0 до $\pm 0,015$	–	–	$\pm 0,00007$	–	–	
	Св. $\pm 0,015$	–	–	$\pm 0,00010$	–	–	

Прибор настраивается на нуль по блоку из концевых мер или по установочной мере. После удаления установочной меры и замены ее измеряемым объектом изображение шкалы, наблюдаемое в окуляр, смещается по оси z . Величина смещения t соответствует разности размеров проверяемого объекта и установочной меры.

Смещение шкалы по оси z , равное t , будет изменяться при изменении угла α , т.е. при изменении размера детали.

Соотношение между смещением измерительного стержня S и смещением t изображения шкалы по отношению к неподвижному указателю находим из упрощенной схемы хода лучей, изображенной на рис. 3.2, б. В упрощенной схеме отсутствует смещение по оси x и исключена призма 3.

Ход лучей в упрощенной схеме будет отличаться от хода лучей в основной схеме, но, очевидно, величина смещения t при этом не изменится. Призма 4 имеет чисто конструктивное назначение, введение ее позволяет уменьшить габариты прибора и позволяет контролеру производить измерение, сидя перед прибором.

Из упрощенной схемы видно, что величина смещения измерительного наконечника $S = a \operatorname{tg} \alpha$, где a – расстояние между осью измерительного стержня и осью вращения зеркала.

Величина $t = F \operatorname{tg} 2\alpha$, откуда передаточное отношение прибора

$$i = \frac{F \operatorname{tg} 2\alpha}{a \operatorname{tg} \alpha} \approx \frac{2F}{a}.$$

где F – фокусное расстояние объектива 3.

Передаточное отношение механического рычага равно отношению его плеч. По аналогии с механическим рычагом величина F называется оптическим плечом, а приборы, в которых использована подобная оптическая схема, называются приборами построенными на принципе оптического рычага.

Как видно из схемы (рис. 3.2, а), в передаточное отношение оптического рычага, кроме отношения линейных величин F и a , входит отношение углов 2α и α (точнее тангенс этих углов), поэтому передаточное отношение оптического рычага равно удвоенному отношению плеч, т.е. существенно отличается от передаточного отношения механического рычага. В оптиметрах величина $i = 80$.

При перемещении измерительного стержня на 1 мкм изображение шкалы смещается по отношению к неподвижному указателю на одно деление.

Величина (интервал) деления шкалы равна 0,08 мм. Изображение шкалы наблюдается в окуляр 9 с увеличением 12^x . Таким образом, видимый в окуляр интервал деления шкалы равен $0,08 \cdot 12 = 0,96 \text{ мм} \approx 1 \text{ мм}$. Передаточное отношение оптиметра и с учетом увеличения равно $80 \cdot 12 = 960$.

1.1. Вертикальный оптиметр ОВО-1

Вертикальный оптиметр служит для измерения наружных размеров. Пределы измерений наружных размеров прибором указаны в табл.1. Трубку оптиметра 1 укрепляют в кронштейне 4 и зажимают винтом 5 (см. рис. 3.1). Верхняя плоскость основного столика оптиметра имеет гладкую или ребристую поверхность. На основном столике прибора производится измерение наружных размеров деталей и калибров.

Для проверки плоскопараллельных концевых мер 5-го разряда с размерами до 100 мм оптиметр снабжается дополнительными накладными столиками.

Верхняя плоскость основного столика 6 (см. рис. 3.1) должна быть перпендикулярна оси измерительного стержня. Для проверки взаимной перпендикулярности плоскости столика и оси перемещения измерительного стержня на стержне укрепляют плоский измерительный наконечник 7. Затем к столику прибора слегка притирают плоскопараллельную концевую меру длины небольшого размера (10 – 20 мм). Зеркальцем 3 направляют свет в осветительную щель. Отпустив винт 9, вращением гайки 10 опускают кронштейн с трубкой оптиметра до соприкосновения измерительного наконечника 7 с мерой. Столик должен быть при этом застопорен винтом 11. Момент касания будет замечен по движению изображения шкалы в окуляре. Застопорив винтом 9 столик, производят ряд перемещений концевой меры.

Как видно из рис. 3.3, при продвижении концевой меры по перекошенному столику показания прибора изменяются от a до b . Вращением установочных винтов 8 (рис. 3.1) добиваются такого положения столика, чтобы при продвижении концевой меры по столику под измерительным наконечником в любом направлении показания прибора оставались бы неизменными, при этом край концевой меры должен доходить только до середины измерительной поверхности наконечника. В дальнейшем в процессе работы к винтам 8 (см. рис. 3.1) притрагиваться нельзя.

Установка прибора на нуль (рис. 3.1) производится следующим образом. По чертежу измеряемого объекта или по маркировке на самом объекте измерения определяют номинальный и предельные размеры объекта и, учитывая пределы измерений по шкале прибора, подсчитывают размер блока концевых мер, по которому прибор должен быть установлен на нуль. Возможные отклонения от размера установочной меры не должны выходить за пределы шкалы. Наиболее удобно составлять блок из концевых мер

размером, близким к размеру, соответствующему середине поля допуска объекта измерения. За нулевое деление обычно принимают штрих шкалы, отмеченный цифрой 0. В случае необходимости за нуль может быть принят какой-либо другой штрих, лежащий в ее центральной части. Измерительный наконечник подбирают в зависимости от формы детали.

Концевые меры тщательно промывают бензином, протирают полотенцем, притирают друг к другу и затем притирают нижней измерительной плоскостью блока к столику оптиметра 6. Поверхность столика также должна быть промыта бензином и протерта.

В приборах, не имеющих проекционного устройства, вращением осветительного зеркала 3 пучок света от какого-либо источника направляется в осветительную щель. Через окуляр 2 должно быть видно светлое освещенное поле и часть шкалы. В оптиметрах типа ОВЭ-1 с проекционным экраном просто включают освещение. Отпустив винт 11, вращением гайки 12 переводят столик почти в самое нижнее положение, а затем, опустив винт 9, вращением кольца 10 опускают кронштейн 4 до соприкосновения измерительного наконечника с верхней плоскостью блока. Момент касания будет замечен по движению изображения шкалы.

Кронштейн следует опускать плавно, не допуская удара наконечника о блок. Для этого надо следить, чтобы торцовая плоскость кольца 10 все время соприкасалась с кронштейном, поддерживая его.

Постепенным вращением кольца 10 доводят изображение шкалы до положения, когда нулевой штрих ее установится либо против, либо немного ниже неподвижного указателя. После этого кронштейн закрепляют в данном положении винтом 9.

Окончательная установка шкалы на нуль производится следующим образом: при опущенном винте 11 вращением гайки 12 поднимают столик до тех пор, пока против неподвижного указателя установится нулевой штрих шкалы. После этого винтом 11 закрепляют положение столика. Нулевую установку прибора следует проверить, приподнимая и опуская 2 – 3 раза наконечник арретиром 3. Если после арретирования изображение шкалы не будет возвращаться в исходное положение, следует отпустить винт 11 и установить прибор на нуль.

Установив окончательно шкалу на нуль, арретиром 3 снова приподнимают наконечник 7 и, удалив со столика блок концевых мер, заменяют его объектом измерения.

1.2. Измерение с помощью оптиметра

При касании измерительного наконечника с поверхностью измеряемого объекта изображение шкалы сместится относительно указателя. Величина смещения нулевого (или принятого за нулевой) штриха шкалы относительно неподвижного указателя соответствует отклонению измеряемого размера от размера блока. Отклонение, т. е. показание прибора, может иметь как положительный, так и отрицательный знак, определяемый по значкам (+) и (–), имеющимся по обеим сторонам от нулевого штриха шкалы.

Если объект измерений имеет цилиндрическую форму, то во избежание перекоса следует плотно прижимать его двумя пальцами к столику и, слегка прокатывая его под наконечником, следить за движением шкалы. Наибольшее показание будет соответствовать размеру диаметра. Действительный размер диаметра будет равен сумме размера блока и показания прибора с учетом знака этого показания.

После окончания измерения проверяется нулевая установка прибора. Для этого измеряемый объект удаляется со столика и под измерительным наконечником прибора вновь устанавливается блок концевых мер. Ошибка в положении изображения нулевого штриха не должна превосходить половины деления шкалы.

2. Порядок проведения лабораторной работы

2.1. Получить у преподавателя контролируемую деталь и измерить заданный размер штангенциркулем.

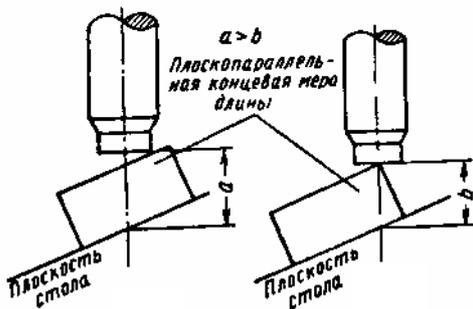


Рис. 3.3. Схема проверки плоскости стола

2.2. Собрать для этого размера блок из плоскопараллельных плиток.

2.3. Поставить блок на столик оптиметра и переместить оптическую головку, установив 0 на шкале оптиметра.

2.4. Приподнять рычажком щуп головки оптиметра и вынуть блок плиток, заменив его контролируемой деталью.

2.5. Провести измерения отклонения размеров в нескольких точках детали.

2.6. Записать результаты отклонений.

3. Содержание отчета

- 3.1. Цель работы.
- 3.2. Оптическая схема вертикального оптиметра.
- 3.3. Результаты измерения.
- 3.4. Вывод.

4. Контрольные вопросы

- 4.1. Какова конструкция вертикального оптиметра?
- 4.2. Объясните принцип действия вертикального оптиметра.
- 4.3. Как устанавливают прибор на нуль?
- 4.4. По какой формуле определяется передаточное отношение прибора?
Объясните ее.
- 4.5. Как измеряют отклонение размера детали с помощью вертикального оптиметра?

Лабораторная работа № 4

ДВОЙНОЙ МИКРОСКОП МИС-11

Цель работы:

1. Изучить принцип действия и устройство двойного микроскопа МИС-11.
2. Определить цену деления прибора.
3. Измерить величину шероховатости поверхности детали.

1. Конструкция двойного микроскопа МИС-11

Двойной микроскоп МИС-11 предназначен для измерений параметра шероховатости R_z и фотографирования шероховатости поверхности.

Пределы измерений прибора определяются выбором соответствующих объективов в зависимости от шероховатости контролируемой поверхности.

Данные для выбора объективов, а также погрешность метода измерений в процентах от измеряемой величины приведены в табл. 2.

Таблица 2

Пределы измерений чистоты R_z , мкм	Шифр объектива	Фокусное расстояние объектива	Базовая длина, мм	Увеличение объектива с дополнительной линзой, $F = 147$ мм	Поле зрения	Погрешность измерений в % от измеряемой величины неровности
10 – 80	ОС-39	25,0	8	5,9 ^x	1,8	6 – 22
6,3 – 20	ОС-40	13,9	2,5	10,6 ^x	1,0	10 – 25
3,2 – 10	ОС-41	8,2	0,8	18 ^x	0,6	12 – 30
1,6 – 3,2	ОС-42	4,3	0,25	34,5 ^x	0,3	25 – 32

Контроль шероховатости поверхности производится по методу светового сечения (рис. 4.1, а). Пусть освещенная щель S проектируется микроскопом на поверхность P_2 , высотой h (направление падения лучей показано стрелками). Очевидно, изображение щели на поверхности P_1 займет положение S'_1 , а на ступеньке P_2 – положение S''_2 . В поле зрения микроскопа, ось которого расположена под углом 90° к оси проектирующего микроскопа, изображение щели будет иметь вид, показанный на рис. 4.1, б (поле зрения). Величина b смещения изображения S''_2 относительно S''_1 служит мерой высоты ступеньки h .

Оптическая схема микроскопа показана на рис. 4. 2.

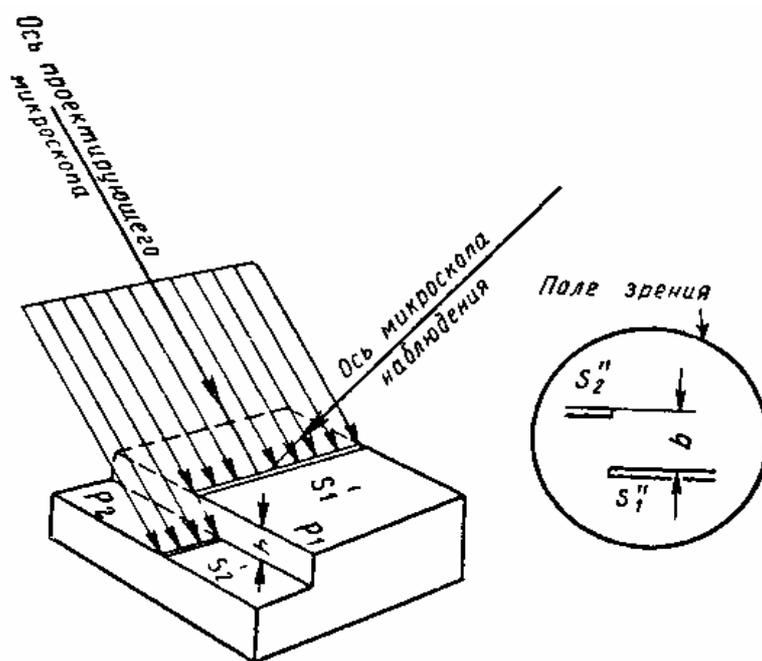


Рис. 4.1. Метод светового сечения

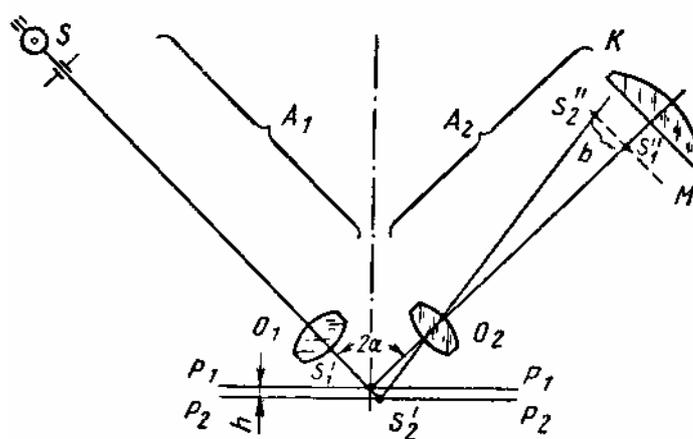


Рис. 4.2. Оптическая схема микроскопа

От источника света через щель S проходят лучи, которые собираются в фокальной плоскости объектива O_1 . Изображение щели проектируется на поверхность детали P , видимой как бы в разрезе, и вторым объективом O_2 визуального микроскопа проектируется на сетку M окуляра K . Изображение щели будет деформированное (рис. 4.3), причем величина смещения щели будет зависеть от высоты неровностей поверхности. Двойной микроскоп типа МИС-11 изображен на рис. 4.4.

Салазки корпуса микроскопов 1 перемещаются по направляющим кронштейна 2 при помощи реечной передачи вращением винта 3. В корпусе помещены два микроскопа – осветительный 4 и визуальный 5.

В микроскопе 4 имеется прямолинейная щель, освещаемая источником света. Изображение щели на детали рассматривается при помощи микроскопа 5, снабженного окулярным микрометром 6, с увеличением 15^{\times} . При фотографировании вместо окулярного микрометра устанавливается фотонасадка МФН-1 с обычным окуляром. Для того чтобы иметь возможность установить изображение щели в середине поля окуляра, осветительный тубус снабжен винтом 7, Кольцо 11 служит для регулирования ширины щели. Микрофокусировка осуществляется поворотом винта 8.

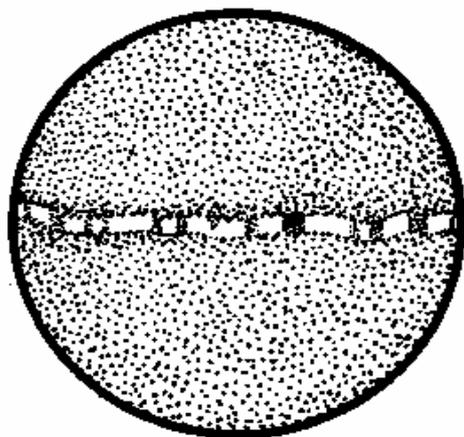


Рис. 4.3. Изображение щели

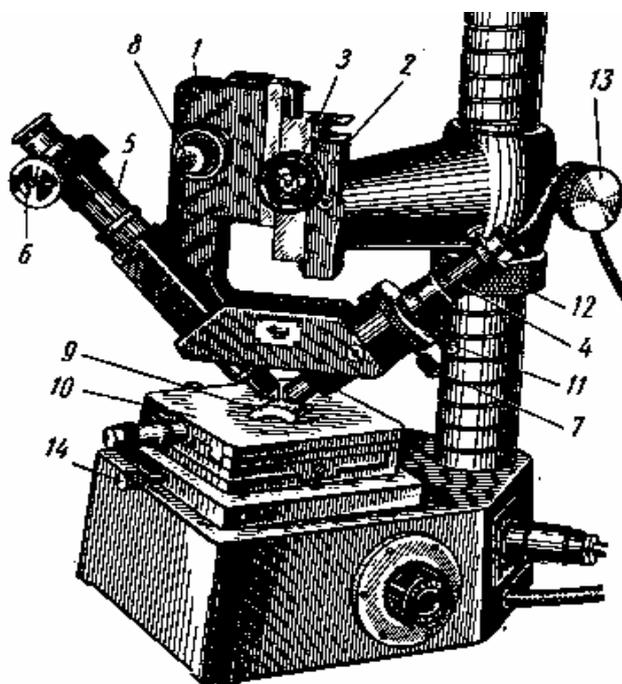


Рис. 4.4. Двойной микроскоп типа МИС-11

Контролируемая деталь 9 устанавливается на столе 10, снабженном микрометрическими головками, при помощи которых можно перемещать стол в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Поворот стола осуществляется при отпущенном винте 14.

Для установки цилиндрических деталей служит накладной столик с призмой.

1.1. Определение цены деления прибора

В тубусы микроскопов ввинчиваются два одинаковых объектива (рис. 4.4), соответствующих увеличению для предполагаемого класса чистоты поверхности детали.

Цена деления шкалы окулярного микрометра определяется при помощи объект-микрометра. Объект-микрометр прилагается к прибору и представляет собой стеклянную пластинку с нанесенной на ней шкалой (в большинстве случаев с ценой деления 0,01 мм).

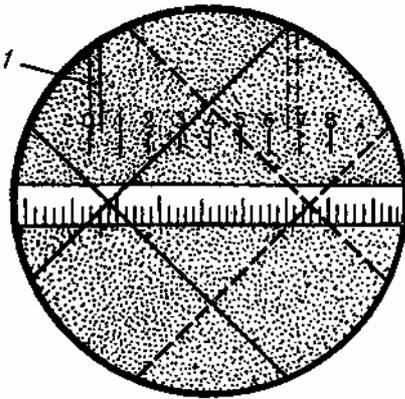


Рис. 4.5. Изображение щели, нониусной шкалы окуляра и шкалы объект-микрометра

Объект-микрометр кладут на стол прибора. Включают освещение микроскопа. Кронштейн с корпусом микроскопов устанавливают на требуемой высоте вращением гайки 12 при освобожденном винте 13 (рис. 4.4). После этого стопорят винт 13. Производя подъем или опускание микроскопов при помощи винта 3, получают изображение световой щели. Наблюдая изображение щели через визуальный микроскоп, добиваются, перемещая объект-микрометра по столику прибора, чтобы шкала попала в изображение щели и штрихи шкалы были бы перпендикулярны к ее изображению (рис. 4.5). Если щель окажется расположенной не в центре поля зрения, следует ее установить вращением винта 7 (см. рис. 4.4) и окончательную фокусировку произвести, вращая винт 8.

Освобождают винт, крепящий окулярный микрометр, и последний поворачивают вокруг оси таким образом, чтобы направление винта окулярного микрометра было параллельно направлению изображения щели. Деления неподвижной шкалы окулярного микрометра при этом параллельны делениями шкалы объект-микрометра. Затем перекрестие окулярного микрометра совмещают с каким-либо штрихом объект-микрометра и делают отсчет по барабану окулярного микрометра. Наблюдая в окуляр, переводят перекрестие на другой штрих объект-микрометра, отстоящий на некоторое число делений (чем больше расстояние между штрихами, тем

больше точность определения), и делают второй отсчет по барабану окулярного микрометра.

Отсчет полных оборотов барабана производится при помощи биссектора 1 (рис. 4.5), перемещающегося относительно неподвижной шкалы окуляра, одновременно с перекрытием. Определение цены деления барабана производится по формуле

$$E = \frac{zT}{A} \cos^2 45 = \frac{zT}{2A}, \quad (1)$$

где z – число делений шкалы объект-микрометра, пройденных перекрестием окуляр-микрометра; T – цена деления объект-микрометра; A – разность отсчетов, полученных при двух совмещениях перекрестия, выраженная в делениях барабана; цифра 2 в знаменателе формулы учитывает наклон тубуса под углом 45° , а также то обстоятельство, что при измерении детали окулярный микрометр поворачивают на 45° .

Пример: $z = 11$ делений объект-микрометра, $A = 200$ делений барабана.

$$E = \frac{11 \cdot 0,01}{2 \cdot 200} = 0,275 \text{ мкм.}$$

1.2. Измерение на приборе

Окуляр-микрометр поворачивают вокруг оси таким образом, чтобы горизонтальная линия перекрестия встала параллельно линии щели, и стопорят в этом положении (рис. 4.6). Снимают объект-микрометр, кладут чисто промытую деталь на столик прибора и фокусируют изображение щели на детали приемами, описанными выше. Поворачивая от руки измеряемую деталь, ориентируют ее таким образом, чтобы направление неровностей было перпендикулярно изображению щели.

Отсутствие перекосов детали в поперечном и продольном направлениях проверяют соответствующими перемещениями. Изображение щели при этом не должно иметь видимого смещения. При наличии перекосов под измеряемый объект помещают прокладки из воска, фольги и вновь проверяют. Одна сторона щели фокусируется обычно более резко, чем другая, и по ней рекомендуется производить измерение. Горизонтальная

линия перекрестия подводится сначала к вершине изгиба щели по выбранной стороне, а затем к впадине по той же стороне щели (рис. 4.6 и 4.7).

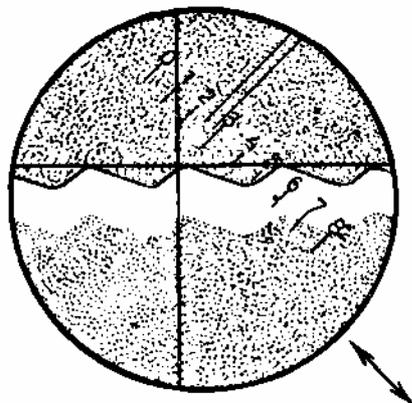


Рис. 4.6. Изображение верхнего среза неровностей

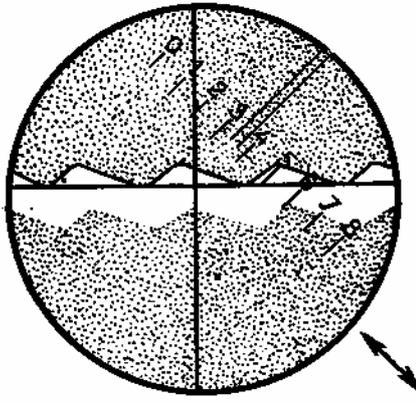


Рис. 4.7. Изображение нижнего среза неровностей

Разность отсчетов на барабане окулярного микрометра N , умноженная на масштабную цену деления E , определит значение высоты неровности R в данном сечении. Величина R_z определится как среднее арифметическое из пяти максимальных значений R на длине участка измерения (включающего в себя одну или несколько базовых длин в зависимости от поля зрения микроскопа):

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{\max} .$$

Перемещение изображения щели на длине участка измерения осуществляется винтом продольного перемещения столика микроскопа.

Результаты измерения записываются в отчет.

2. Порядок проведения лабораторной работы

2.1. Включить прибор.

2.2. Положить на предметный стол микроскопа объект-микрометр и сфокусировать освещенную щель в его центре. Разместить размерную сетку объект-микрометра под размерной сеткой окуляра, как показано на рис. 5.

2.3. Провести градуировку микрометрического винта окулярной головки и рассчитать цену деления его шкалы по формуле 1.

2.4. Снять с предметного столика микроскопа объект-микрометр и поставить на столик контролируемую деталь.

2.5. Сфокусировать освещенную щель на детали и провести измерение шероховатости по нижней и верхней кромкам освещенной щели. Для этого повернуть на 45° окулярную голову, совместить горизонтальную риску сначала с выступами неровностей и записать показания микрометрического винта окулярной головки. Затем совместить горизонтальную риску с впадинами и записать показания микрометрического винта. Разность этих двух показаний и дает высоту неровностей.

3. Содержание отчета

- 3.1. Цель работы.
- 3.2. Оптическая схема двойного микроскопа.
- 3.3. Расчет цены деления.
- 3.4. Результаты измерения величины шероховатости детали.
- 3.5. Вывод.

4. Контрольные вопросы

- 4.1. Каким методом производят контроль шероховатости и в чем он заключается?
- 4.2. Что такое объект-микрометр и для чего он нужен?
- 4.3. Какова конструкция двойного микроскопа МИС-11?
- 4.4. Как производят отсчет полных оборотов барабана? По какой формуле определяется цена деления барабана?
- 4.5. Как проводят измерения на двойном микроскопе МИС-11?

Лабораторная работа № 5

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП УИМ-21

Цель работы:

1. Изучить принцип действия и конструкцию универсального измерительного микроскопа УИМ-21.
2. Получить практические навыки измерения линейных и угловых размеров на универсальном измерительном микроскопе УИМ-21.
3. Исследовать погрешность измерения на УИМ-21.

1. Принцип действия микроскопа

Свет от источника 1 (рис. 5.1) через конденсор 2 и зеркало 3 попадает на предметный стол 5 и освещает измеряемое изделие 4. Теневое изображение предмета 4 проектируется объективом 6 в плоскость штриховой окулярной головки и рассматривается через окуляр 7. При измерении в отраженном свете используется внешний источник света (естественное освещение, специальная осветительная насадка). Окулярная штриховая головка позволяет измерять угловые размеры, а отсчетные устройства координатных перемещений стола – линейные размеры.

1.1. Конструкция микроскопа УИМ-21

Микроскоп состоит из следующих основных частей (рис. 5.2): станины 1, продольной каретки 2, перемещаемой в продольном направлении вручную при отпущенном винте 14 или с помощью микрометрического

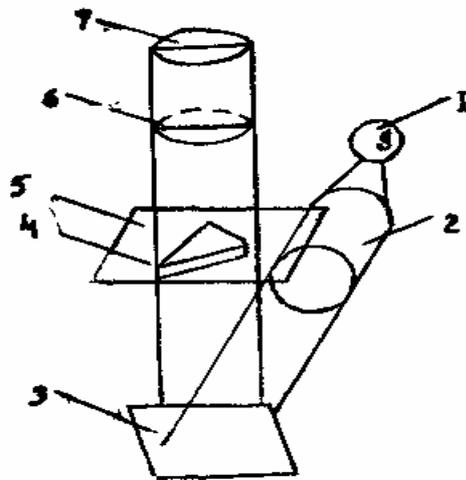


Рис. 5.1
Оптическая схема
главного микроскопа

винта 3 при точном перемещении (при зажатом винте 14); поперечной каретки с установленным на ней главным микроскопом 10, перемещаемой в поперечном направлении вручную при отпущенном винте 13 или более точно микрометрическим винтом 12 (при зажатом винте 13). На станине неподвижно установлены отсчетные микроскопы 5 и 6, служащие для измерения перемещения кареток по шкалам 4, установленным на продольной и поперечной каретках. Главный микроскоп 10 вместе со штриховой окулярной головкой 9, которая вращается винтом 8, служит для точной наводки на измеряемое изделие. Для наведе-

дения на резкость главный микроскоп перемещается вдоль колонки маховиком 11; при отпущенном винте 7 с другой стороны главного микроскопа точное наведение производится вращением накатного кольца в нижней части главного микроскопа. Точная фокусировка микроскопа фиксируется

круговой шкалой, нанесенной на кольцо, благодаря чему можно производить измерения высот (до 8 мм), но с меньшей точностью.

1.2. Угломерная окулярная головка

Окулярная угломерная головка устроена следующим образом (рис. 5.3). Соосно с осью главного микроскопа установлена штриховая стеклянная градусная шкала 1, в середине которой установлена штриховая сетка 2. 1 и 2 закреплены в оправу, которая в свою очередь, имеет большое зубчатое колесо, находящееся в зацеплении с малым, которое посажено на одну ось с маховиком. При вращении маховичка 8 (рис. 5.2) приводится во вращение угломерная шкала и сетка.

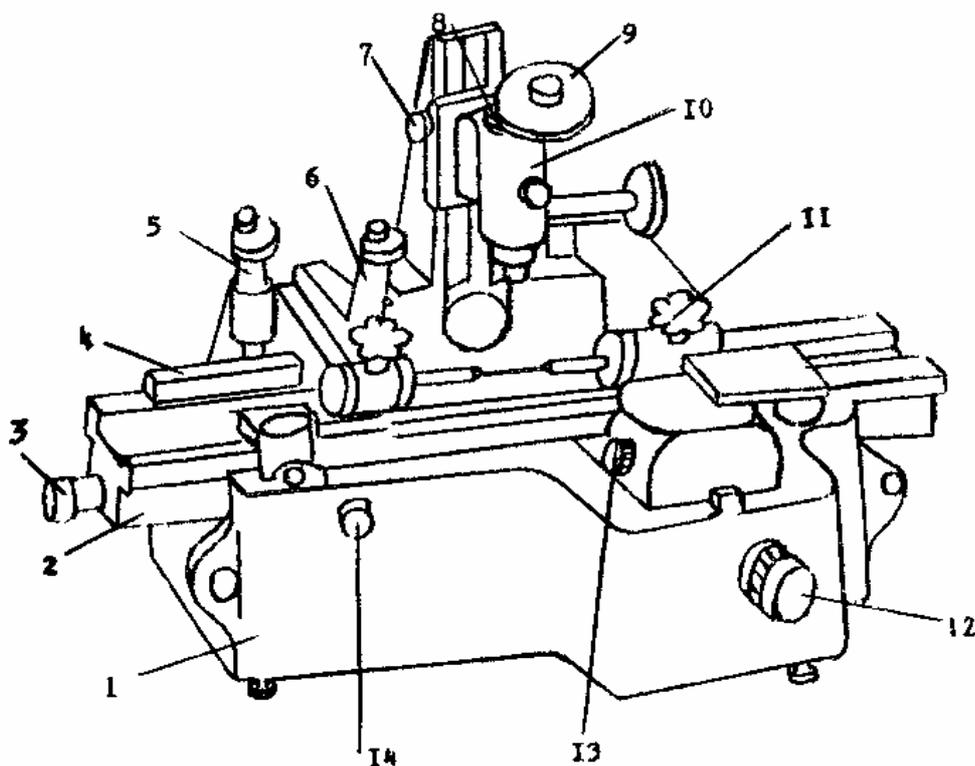


Рис. 5.2. Универсальный измерительный микроскоп УИМ-21

Градусная шкала освещается от внешнего источника света через зеркало 8 (рис. 5.3), которое имеет возможность поворачиваться как вокруг

горизонтальной, так и вертикальной осей для лучшего освещения шкалы. Градусная сетка шкалы 1 свидетельствует о целом числе градусов; второй отсчет делается по минутной шкале 2, а указателем служит штрих градусной шкалы, попадающей в пределы минутной шкалы. Отсчет на рис. 5.4 следующий: $120^{\circ}34'$.

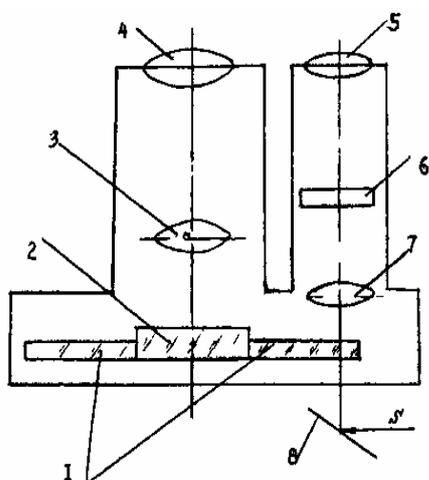


Рис. 5.3. Оптическая схема окулярной угломерной головки

2 с нанесенной на ней спиралью Архимеда, шаг которой равен интервалу деления дополнительной шкалы, и круговой шкалы, окуляра 6. Основная шкала 8 с ценой деления 1 мм установлена на каретке. Предел измерения по шкале продольной каретки 200 мм, по шкале поперечной – 100. В окуляр 6 видна картина, показанная на рис. 5.6.

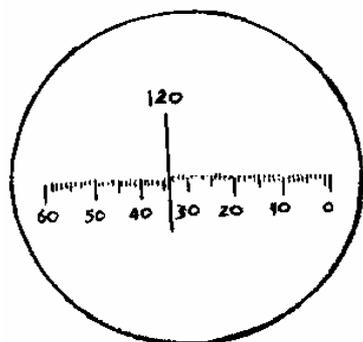


Рис. 5.4. Отсчетные шкалы градусов и минут

Отсчетное устройство окулярного спирального микрометра состоит из трёх элементарных отсчетных устройств: (рис. 5.6):

- а) основная шкала, установленная на каретке, и показывающий ее положение штрих ее миллиметровых делений. Отсчет снимается со штриха основной шкалы в мм;
- б) дополнительная горизонтальная шкала, указатель – штрих основной шкалы, находящийся в пределах дополнительной шкалы. Поскольку длина дополнительной шкалы соответствует интервалу деления основной шкалы и имеет 10 делений, то ее цена деления $1/10 = 0,1$ мм;
- в) круговая шкала, указатель – продольный штрих дополнительной шкалы. Круговая шкала выполнена на стеклянной пластине вместе со спиралью Архимеда, имеющей шаг, соответствующий интервалу деления

1.3. Отсчетный микроскоп

Оптическая схема отсчетного микрометра 5 (рис. 5.2) представлена на рис. 5.5. Она состоит из источника света 3; конденсора 4; объектива 5; неподвижной пластины 1 с нанесенной на ней дополнительной шкалой с ценой деления 0,1 мм; подвижной пластины

дополнительной шкалы. Поскольку круговая шкала разбита на 100 делений, то цена деления круговой шкалы $0,1/100 = 0,001 \text{ мм} = 1 \text{ мкм}$.

Отсчет равен сумме отсчетов по всем трем элементарным отсчетным устройствам. Отсчет по первым двум не вызывает затруднений. Чтобы снять отсчет по третьему отсчетному устройству нужно повернуть пластину со спиралью Архимеда до положения, когда штрих основной шкалы попадает между витками двойной спирали.

1.4. Порядок измерения на микроскопе

Порядок измерения как линейных, так и угловых размеров на микроскопе одинаков.

Измерение теневым методом заключается в наведении центрального штриха угломерной головки на край детали, снятии отсчета, наведении того же штриха на другой край детали и снятии второго отсчета. Разность отсчетов – измеряемый размер.

Снятие отсчета производится следующим образом:

1. Записывается деление миллиметрового штриха, находящегося в расположении дополнительной шкалы.

2. Вращением маховика 16 отсчетного микроскопа совмещают две параллельные линии спирали Архимеда с миллиметровым штрихом, находящимся в расположении дополнительной шкалы.

3. К записанному ранее делению миллиметровой шкалы добавляется отсчет по дополнительной шкале десятых долей миллиметра, а по круговой шкале добавляется отсчет сотых и тысячных долей миллиметра. Отсчет размера по рис. 5.6 следующий: 25, 240 мм.

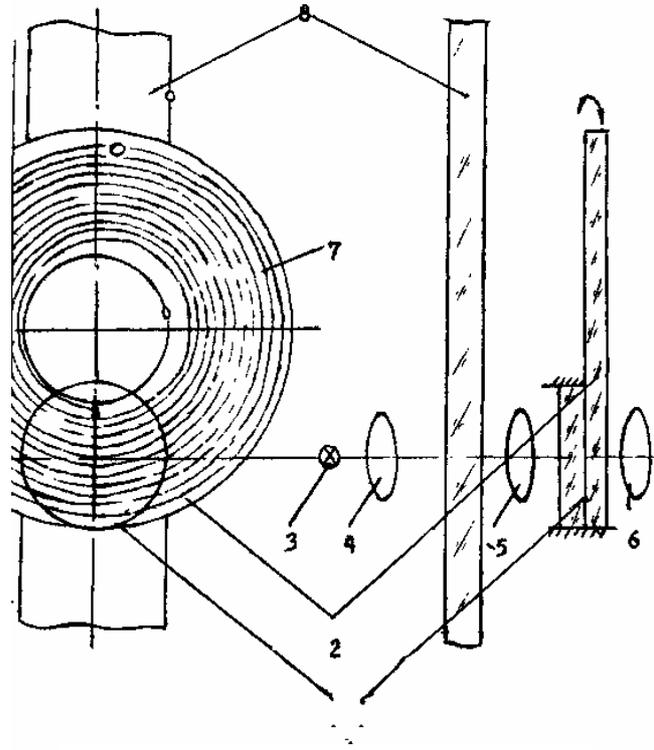


Рис. 5.5. Оптическая схема отсчетного микроскопа

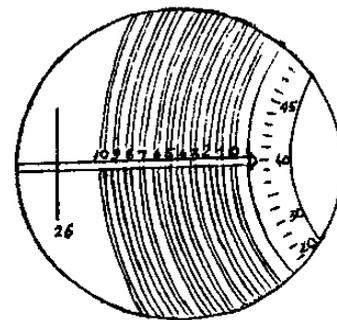


Рис. 5.6. Изображение шкалы в окуляре

2. Порядок проведения лабораторной работы

2.1. Получить у преподавателя деталь для измерений.

2.2. Измерить данную деталь с помощью штангенциркуля и записать данное значение. Измерить данную деталь на универсальном измерительном микроскопе. Для этого навести центральный штрих угломерной головки на край детали, снять первое значение. Затем перемещая каретку навести тот же штрих на другой край детали и снять второе значение. Разность отсчетов – измеряемый размер.

2.3. Высчитать погрешность измерения относительно штангенциркуля по формуле $L = L_{\text{шт}} - L_{\text{м}}$.

3. Содержание отчета

3.1. Цель работы.

3.2. Конструкция универсального измерительного микроскопа (рис.5.2).

3.3. Результаты измерений с помощью штангенциркуля

3.4. Результаты измерений с помощью универсального измерительного микроскопа.

3.5. Расчет погрешности измерения относительно штангенциркуля.

3.6. Вывод.

4. Контрольные вопросы

4.1. Каков принцип действия универсального измерительного микроскопа?

4.2. Расскажите о конструкции микроскопа УИМ-21.

4.3. Каким образом устроена угломерная окулярная головка?

4.4. Какие шкалы имеет отсчетный микроскоп?

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ ВЕСОВ

Цель работы:

1. Изучить устройство и принцип действия весов лабораторных аналитических ВЛА-2000 г-М.

2. Произвести измерение массы детали.

1. Назначение лабораторных весов

Весы лабораторные аналитические модели ВЛА-200г-М предназначены для точного определения массы веществ при производстве лабораторных анализов в различных отраслях промышленности и медицинской техники.

Работа на весах может производиться в районах с особыми климатическими условиями в лабораторных помещениях при температуре окружающего воздуха $+20 \pm 2$ °С и относительной влажности воздуха от 30 до 80 %.

1.2. Технические характеристики лабораторных весов

По основным параметрам и размерам весы должны удовлетворять следующим требованиям

Наибольший предел взвешивания.....	200 г
Цена деления шкалы.....	$0,1 \pm 0,003$ мг
Диапазон взвешивания по шкале.....	от -10 до $+10$ мг
Диапазон измерения массы с помощью гиревого механизма.....	от 10 до 990 мг
Погрешность из-за неравноплечести коромысла.....	не более 2 мг
Вариация показаний весов из пяти измерений и смещение нулевого положения равновесия.....	не более 0,2 мг
Допустимое отклонение от номинального значения массы каждой встроенной гири.....	$\pm 0,05$ мг
Время успокоения колебаний коромысла.....	не более 40 с
Габаритные размеры весов:	
длина	420 мм
ширина.....	420 мм
высота.....	470 мм
Масса весов.....	14 кг
Напряжение питания весов.....	127 или 220 В

1.3. Устройство лабораторных весов

Весы модели ВЛА-200 г-М являются равноплечими весами с именной шкалой и встроенными гирями на неполную нагрузку.

Весы состоят из следующих основных частей (см. рисунок): основания (1) с колонкой (4), коромысла (10) со стрелкой, успокоителя колебаний весов (5), серег (9) с подвесками (3), оптической системы с экраном (18), гиревого механизма (14, 15), изолира (20), витрины (2), выносного трансформатора.

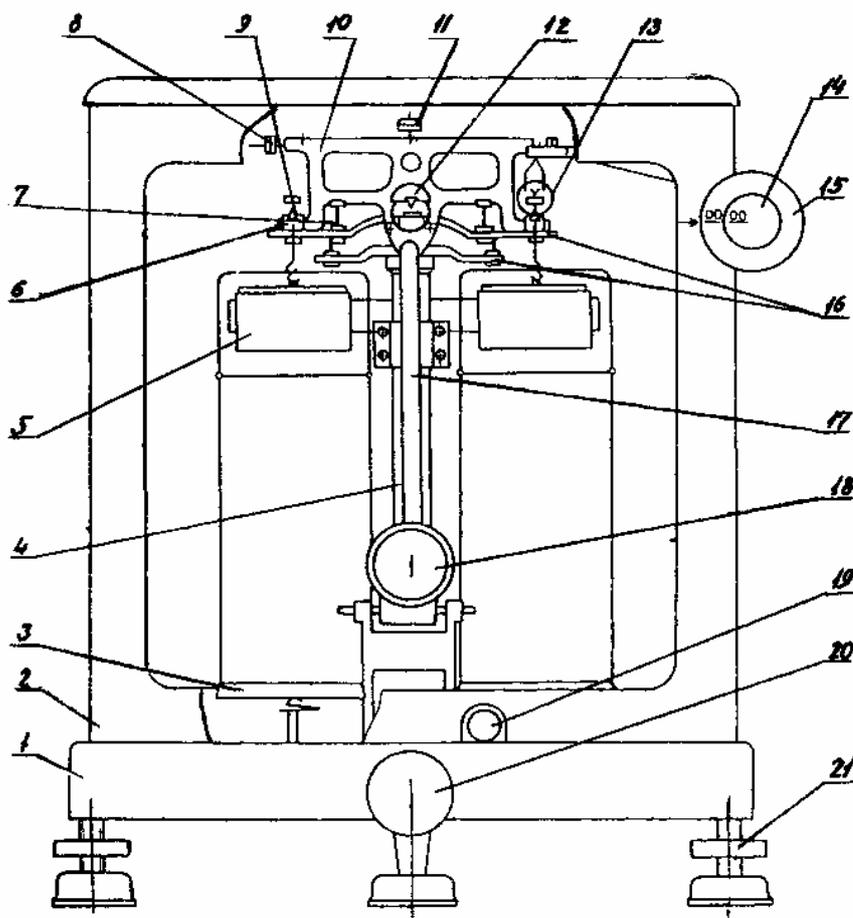


Рис. 6.1. Аналитические лабораторные весы

На литом основании (1) установлена колонка (4), в верхней части которой укреплена опорная подушка (12) и закреплены рычаги изолира (16). В рабочем положении весов на подушку опирается центральной призмой коромысло (10). На полотне коромысла закреплены вкладыш (12) с опорной призмой, седла с грузоприемными призмами (7, 6), стрелка (17) с оптической шкалой.

Для регулировки нулевого положения коромысла справа и слева в него ввернуты винты с тарировочными гайками (8). Регулировка центра тяжести производится гайками (11). На грузоприемные призмы коромысла опираются подушки серьги (9). На верхнюю часть крючков навешиваются подвески с чашками (3), на нижнюю – стаканы успокоителей колебаний весов.

Успокоители колебаний весов воздушные: они состоят из корпусов, закрепленных на кронштейне колонки, и стаканов, входящих в корпуса. Между корпусом успокоителя и стаканом обеспечивается кольцевой зазор.

На нижнем конце стрелки закреплена оптическая шкала, которая располагается перед микрообъективом оптической системы; в оптическую систему входят также осветитель, конденсатор, зеркала и отсчетное устройство с экраном, (18). Поворотом ручки (19) осуществляется перемещение экрана для установки отсчетной отметки экрана на нулевую отметку шкалы.

В верхней части витрины с правой стороны установлен гиревой механизм (14, 15). Наложение встроенных гирь (13) производится на планку, скрепленную с правой серьгой, вращением малого (14) и большого (15) лимбов; при вращении малого лимба происходит наложение или снятие десятков миллиграммов, большего – сотен миллиграммов. Масса навешенных встроенных гирь отсчитывается по оцифрованным отметкам лимбов против указателя.

Включение и выключение весов производится ручкой (20) изолира. На рычагах изолира укреплены упоры (7), на которых в нерабочем состоянии покоятся коромысло и серьги с подвесками. Поворотом ручки (20) против часовой стрелки весы приводятся в рабочее состояние.

Питание весов осуществляется от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В через выносной трансформатор, понижающий напряжение до 6,3 В. Включение подсветки шкалы производится микровыключателем от валика изолира при включении весов.

Для защиты от воздушных потоков и пыли весы заключены в витрину. Витрина имеет съемную крышку, съемное переднее стекло и выдвижные боковые дверцы.

Для правильной установки весов на основании закреплен уровень. Установка весов по уровню производится вращением установочных ножек.

2. Порядок проведения лабораторной работы

2.1. Ознакомиться с целями работы, теоретическим введением и конструкцией весов лабораторных аналитических.

2.2. Перед началом каждого взвешивания необходимо совместить нулевую отметку шкалы с отсчетной отметкой экрана. Если не удалось совместить нулевую отметку шкалы с отсчетной отметкой экрана при помощи ручки (19), то необходимо с помощью преподавателя подтарировать коромысло посредством тарировочных гаек (8). Придерживая коромысло на упорах (весы в изолированном состоянии), осторожно повернуть гайку по часовой или против часовой стрелки, по экрану проверяя положение равновесия.

2.3. Произвести регулировку цены деления шкалы в следующем порядке:

- включить весы и отметить на экране положение равновесия (например + 2);
- выключить весы;
- гиревым механизмом навесить кольцевую гирю 10 мг и включить весы;
- отметить на экране положение равновесия (напр. – 99 дел.) и подсчитать количество делений шкалы, на которое отклонилось коромысло под действием навешенной гири: $+ 2 - (- 99) = 101$; если первый отсчет был на отметке напр. – 2 дел. а после, наложения гири стал – 103 дел., то количество делений равно: $- 2 - (- 103) = 101$. Разделив 10 мг на число рисок по шкале, получим цену деления шкалы.

Для правильно отъюстированных весов отсчет по шкале должен находиться в пределах от 97 до 103 делений шкалы. Разделив 10 мг на число рисок по шкале, получим цену деления шкалы.

2.4. Провести взвешивание нескольких деталей полученных у преподавателя. Для этого:

- на одну чашу весов положить взвешиваемую деталь;
- на вторую чашу поместить разновесные гири из комплекта до уравновешивания весов с точностью до 500 мг;
- уравнять весы с помощью встроенных миллиграммовых кольцевых гирь и сделать отсчет по шкале.

2.5. Определить массу детали. Для этого сложить массу гирь на чашке весов, задействованную массу гиревого механизма и массу, определенную по делениям шкалы.

2.6. Составить отчет о проделанной работе.

3. Содержание отчета

- 3.1. Цели работы.
- 3.2. Конструкция аналитических лабораторных весов (рис. 6.1).
- 3.3. Результаты градуировки цены деления шкалы.
- 3.4. Расчет массы взвешенной детали.
- 3.5. Вывод.

4. Контрольные вопросы

- 4.1. Для чего предназначены аналитические лабораторные весы?
- 4.2. Какой наибольший предел взвешивания весов?
- 4.3. Какой наибольший предел взвешивания посредством гиревого механизма весов?
- 4.4. Чему равна цена деления шкалы?
- 4.5. Чему равна точность измерения массы?
- 4.6. Каково допустимое отклонение от номинального значения масс каждой встроенной гири?
- 4.7. Перечислить основные части весов?
- 4.8. Как производится регулировка нулевого положения весов?
- 4.9. С какой целью весы заключены в витрину?

Рекомендуемая литература к лабораторным работам № 3, 4, 5, 6

1. *Зябрева, Н. Н.* Лабораторные занятия по курсу «Основы взаимозаменяемости и технические измерения» / Н. Н. Зябрева, М. Я. Шегал. – М.: Машиностроение, 1966.

2. *Приборостроение и средства автоматизации: справ. : в 5 т. / под ред. проф. А. Н. Гаврилова.*

Том 1: *Взаимозаменяемость и технические измерения / под ред. проф., д-ра техн. наук Б. А. Тайца.* – М.: Машиностроение, 1963. – 568 с.

3. *Приборы для измерения и дозирования массы. Номенклатурный справочник.* – М.: Машиностроение, 1980.

4. *Карпин, Е. Б.* Средства автоматизации для измерения и дозирования массы / Е. Б. Карпин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1971.

5. *Кемпинский, М. М.* Точность и надежность измерительных приборов / М.М. Кемпинский. – Л.: Машиностроение, 1972.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ.....	3
Лабораторная работа № 2. МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ.....	11
Лабораторная работа № 3. ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ОПТИМЕТР.....	19
Лабораторная работа № 4. ДВОЙНОЙ МИКРОСКОП МИС-11.....	28
Лабораторная работа № 5. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП УИМ-21.....	35
Лабораторная работа № 6. ИЗУЧЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ ВЕСОВ	40

КОНСТРУИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Методические указания к лабораторным работам

Составитель
САМСОНОВ Лев Михайлович

Редактор Е.В. Невская
Корректор Е.В. Афанасьева
Компьютерная верстка С.В. Павлухиной

ЛР № 020275. Подписано в печать 06.05.05.
Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,95. Тираж 100 экз.
Заказ

Редакционно-издательский комплекс

Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.