

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КРАМАТОРСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ,
МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ»

Зак. 9-4346

КРАМАТОРСК 2008

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Измерения линейных размеров с помощью стандартных универсальных измерительных средств абсолютным методом	3
Лабораторная работа № 2. Анализ и выбор универсальных средств измерения линейных размеров. Относительные измерения поверхностей детали	10
Лабораторная работа № 3. Измерение углов и конусов	17
Лабораторная работа № 4. Исследование шероховатости поверхности детали	26
Лабораторная работа № 5. Сравнительная оценка методов и средств контроля метрической резьбы	36

Учебное издание

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине
"Взаимозаменяемость, метрология, стандартизация и
управление качеством"
(для студентов всех специальностей)
Часть I

Составители: Мартынов Анатолий Павлович
Кислов Владимир Матвеевич
Субботина Людмила Петровна

Редактор Т.М.Мороз
Корректор Н.А.Филарская
Техн. редактор С.Х.Аниськова

Пл. изд. № 141 1992 г.

Подп. в печать 30.09.92. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага типограф. № 2. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 2,79. Усл. кр.-отт. 2,90. Уч.-изд. л. 2,83. Тираж 500 экз.
Заказ № 9-4346.

КИИ, 343916, Краматорск, ул. Шкадинова, 78

ДМАПП, 340050, Донецк, ул. Артема, 98

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КРАМАТОРСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
"ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТЬ, МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ"
(для студентов всех специальностей)
Часть I

У т в е р ж д е н о
на заседании кафедры
деталей машин
Протокол № 6 от 10.12.91

Краматорск КИИ 1992

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Взаимозаменяемость, стандартизация, метрология и управление качеством" (для студентов всех специальностей). Ч. I /Сост.: А.П. Мартынов, В.М. Кислов, Л.П. Субботина.- Краматорск: НИИ, 1992. - 48 с.

Содержат общие сведения, последовательность, методические особенности и требования к выполнению лабораторных работ по измерениям точности гладких соединений абсолютным и относительным методами, углов и конусов, шероховатости поверхности, а также резьбовых соединений.

Составители: А.П. Мартынов, доп.
В.М. Кислов, доп.
Л.П. Субботина, ассист.

Отв. за выпуск Л.Л. Роганов, проф.

комплексного контроля наружной резьбы.

Литература

1. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. - М.: Машиностроение, 1987, с. 275..287, с. 295..301.
2. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник.- М.: Машиностроение, 1987, с.183..225.

среднего диаметра по формуле /5/, выбрать измерительное средство для измерения d_1 .

5.4. Записать метрологические характеристики измерительных средств и приборов.

5.5. Установить с помощью набора резьбовых шаблонов ГОСТ 519-77 номинальный шаг резьбы.

5.6. Установить длину свинчивания по ГОСТ 16093-81.

5.7. Произвести измерения среднего диаметра и, установив значение $d_{1\phi}$, как среднеарифметическое на длине свинчивания, дать заключение о годности по этому параметру.

5.8. Произвести измерения и определить погрешность шагов Δp_n и половины угла профиля $\Delta \alpha/2$ /число витков n определить по формуле 6/.

5.9. Спределить диаметральные компенсации погрешности шагов f_p по формуле /1/, половины угла профиля f_α по формуле /2/ и приведенного среднего диаметра d_{1np} по формуле /3/.

5.10. Привести схему расположения диаметров d_{1np} и $d_{2\phi}$ относительно поля допуска среднего диаметра и дать заключение о годности резьбы по результатам измерения d и d_1 .

5.11. Произвести контроль точности изготовления резьбы с помощью калибров и дать заключение о годности.

5.12. Привести выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

6.1. Как располагаются поля допусков резьбовых деталей? Назовите условие их свинчиваемости.

6.2. Назвать параметры резьбы. На какие из них установлены допуски в ГОСТ 9001-81?

6.3. Что такое приведенный средний диаметр резьбы и с какой целью введено это понятие?

6.4. Назвать условия годности наружной резьбы.

6.5. Назвать условия годности внутренней резьбы.

6.6. Наложить сущность дифференцированного контроля резьбы.

6.7. Как производится комплексный контроль резьбы?

6.8. Назвать измерительные средства и изложить сущность контроля ими среднего диаметра.

6.9. Наложить последовательность измерения n шагов и половины угла профиля.

6.10. Как выбирают измерительные средства для контроля резьбы?

6.11. Назвать состав и назначение комплекта калибров для

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ СТАНДАРТНЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ АБСОЛЮТНЫМ МЕТОДОМ

Целью работы является ознакомление с видами и методами измерений, основными параметрами средств измерений, а также приобретение навыков осуществления абсолютных измерений линейных размеров стандартными измерительными средствами.

1. Приборы, инструменты и принадлежности

- 1.1. Штангенциркуль ГОСТ 166-80
- 1.2. Штангенглубиномер ГОСТ 162-80
- 1.3. Штангенрейсмас ГОСТ 164-80
- 1.4. Микрометр ГОСТ 6507-78
- 1.5. Глубиномер микрометрический ГОСТ 7470-78
- 1.6. Нутромер микрометрический ГОСТ 10-75
- 1.7. Плита поверочная ГОСТ 10905-75
- 1.8. Контролируемая деталь

2. Общие сведения из метрологии. Технические измерения

Метрология – наука об измерениях физических величин, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Измерение физической величины выполняют опытным путем с помощью технических средств.

Технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства, называют средствами измерения.

Классификация средств измерений и их определения согласно ГОСТ 16268-70 приведены соответственно на рисунке и табл.1.

Метод измерений – совокупность приемов использования принципов и средств измерений (под принципом измерений понимают физическое явление или совокупность физических явлений, положенных в основу измерений).

Различают два метода измерения:

непосредственной оценки – в этом случае значение измеряемой величины получают непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение диаметра отверстия микрометрическим нутромером);

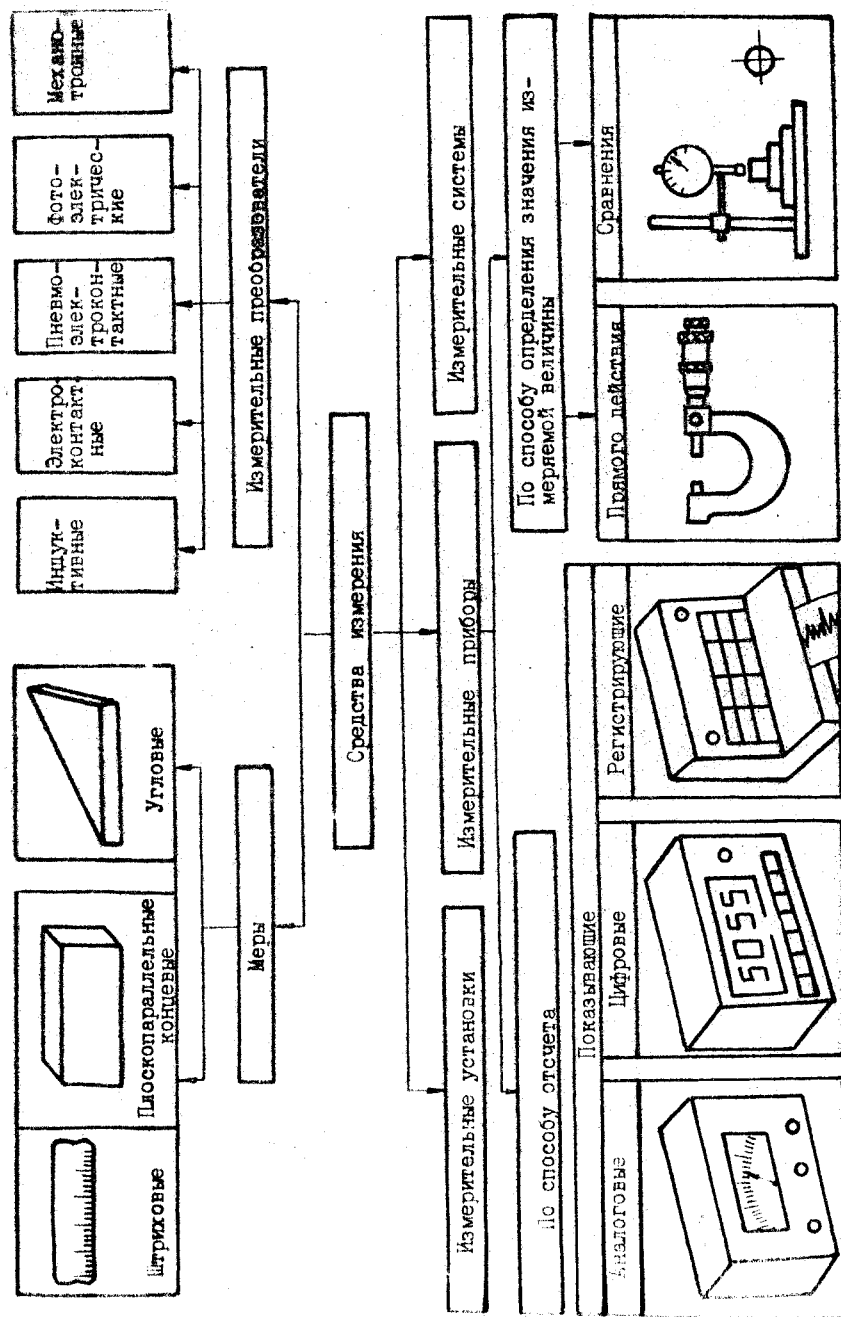


Рис. 1. Классификация средств измерений

водственных условиях является контроль с помощью комплекта калибров ГОСТ 24939-81.

Для наружной резьбы в этот комплект входят:

- проходной резьбовой калибр - кольцо /или калибр-скоба/ ПР /контролирует приведенный средний диаметр и одновременно внутренний диаметр резьбы/;
- непроходной резьбовой калибр-кольцо /или калибр-скоба/ НЕ /контролирует наименьший средний диаметр/;
- гладкий калибр-скоба /или калибр-кольцо/ ПР /контролирует наибольший наружный диаметр резьбы/;
- гладкий калибр-скоба /или калибр-кольцо/ НЕ /контролирует наименьшее предельное значение наружного диаметра резьбы/.

Проходной резьбовой калибр-кольцо ПР проверяет собираемость деталей, поэтому он имеет резьбу полного профиля и длину рабочей части не менее 0,8 длины свинчивания.

Непроходной резьбовой калибр-кольцо НЕ для снижения влияния погрешностей шага и угла профиля на результаты контроля имеют укороченный профиль /уменьшен наружный диаметр, а по внутреннему диаметру выполнено углубление - проточка/ и неполное число витков /2,5 - 3/.

Свинчиваемость калибра - кольца ПР с резьбовой деталью означает, что приведенный средний диаметр и наименьший внутренний диаметры этой детали не выходят за проходные предельные значения.

Непроходной резьбовой калибр-кольцо НЕ в случае годности резьбы не должны свинчиваться более чем на два оборота.

Для контроля резьбы изделий в процессе их изготовления используются новые резьбовыми калибрами ПР и частично изношенными резьбовыми калибрами НЕ.

Контролеры и представители заказчика пользуются частично изношенными калибрами ПР и новыми резьбовыми калибрами НЕ.

5. Порядок выполнения работы

5.1. Записать условное обозначение резьбовой детали, определить номинальные и предельные размеры d и d_2 , d_{max} и d_{min} , d_{2max} и d_{2min} .

5.2. Определить допускаемую погрешность измерения наружного диаметра по ГОСТ 8.051-81, в соответствии с которой выбрать измерительное средство для этого параметра.

5.3. Установить по табл. 1 средства измерения n шагов и половины угла профиля, и, определив допускаемую погрешность измерения

При измерении вначале добиваются совпадения центральной штриховой линии окуляра с одной из боковых сторон профиля резьбы и записывают первое показание по шкале прибора. После этого перемещают стол с деталью в продольном направлении на число витков n , добиваясь совмещения центральной пунктирной линии с одноименной боковой стороной профиля, и записывают второе показание. Измеренное расстояние определяют как разность двух отсчетов.

Затем повторяют измерения по другой стороне профиля. Действительную длину n шагов P_n резьбы получают как среднеарифметическое значение измеренных расстояний $P_{n\text{лев}}$ и $P_{n\text{пр}}$ по обеим сторонам профиля, а накопленную погрешность шага ΔP_n - как разность по абсолютной величине значений $P_{n\text{пр}}$ и $P_{n\text{лев}}$.

3.3.2. Измерение половины угла профиля резьбы

Как и в предыдущем случае, для компенсации погрешностей измерения из-за возможного перекося оси резьбы измерения производят по обеим сторонам профиля резьбы.

Вращением маховика угломерной головки совмещают среднюю штриховую линию с одной из боковых сторон профиля, предварительно установив перекрестие штриховой сетки окуляра примерно на середину боковой стороны, и произвести отсчет по угломерной шкале.

Аналогично, переместив изображение профиля резьбы с помощью продольного микровинта, получают второй отсчет. Положению, когда средняя пунктирная линия расположена перпендикулярно линии центров, соответствуют показания угломерной шкалы 0° и 360° .

Поэтому измеренные значения половины угла профиля по обеим сторонам $\alpha/2_{\text{пр}}$ и $\alpha/2_{\text{лев}}$ равны разности между этими показаниями и произведенными отсчетами.

Погрешности половины угла профиля по обеим сторонам $\Delta \alpha/2_{\text{пр}}$ и $\Delta \alpha/2_{\text{лев}}$ получают как разность измеренного и номинального $/30^\circ/$ значений половины угла профиля, а действительную погрешность половины угла профиля $\Delta \alpha/2$ - как среднее арифметическое этих погрешностей.

Примечание. С целью повышения точности измерений на практике половину угла профиля измеряют на двух соседних витках в диаметрально противоположных сторонах контура - сверху и снизу, а количество измерений доводят до 3-5 раз.

4. Комплексный контроль резьбы

Основным методом контроля параметров резьбовых изделий в произ-

Таблица I
Классификация средств измерений (ГОСТ 16263-70)

Средство измерений	Определение	Примеры
Мера	Средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера	Плоскопараллельные концевые меры длины
Измерительный прибор	Средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем	Микрометр. Инструментальный микроскоп. Уровень
Измерительный преобразователь	Средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем	Индуктивный преобразователь мод.223 измерительного прибора мод.214
Измерительная установка	Совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенная в одном месте	Установка для проверки плоскопараллельных концевых мер длины
Измерительная система	Совокупность средств измерений, соединенных между собой каналами связи, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования в автоматических системах управления	Трехкоординатная измерительная машина

сравнения с мерой – в этом случае измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (например, измерение диаметров и длин с помощью измерительной головки, предварительно настроенной по концевой мере).

По способу получения результатов различают измерения, с одной стороны, прямые и косвенные, а с другой стороны – абсолютные и относительные (см. табл. 2).

Таблица 2

Виды измерений линейных и угловых величин

Измерение	Определение	Примеры измерения
Прямое	Измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных	Длины линейкой; углы угломером; диаметр вала микрометром
Косвенное	Измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям	Угла синусной линейкой (по катету и гипотенузе); среднего диаметра методом трех проволок, устанавливаемых во впадины резьбы
Абсолютное	Измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант	Линейных размеров штангенциркулем, микрометром; на инструментальном микроскопе; угла угломером
Относительное	Измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную	Диаметра отверстия индикаторным нутромером, настроенным по концевой мере; диаметра вала рычажной скобой

ГОСТ 16263-70 регламентирует параметры средств измерений, некоторые из которых приведены ниже в табл. 3.

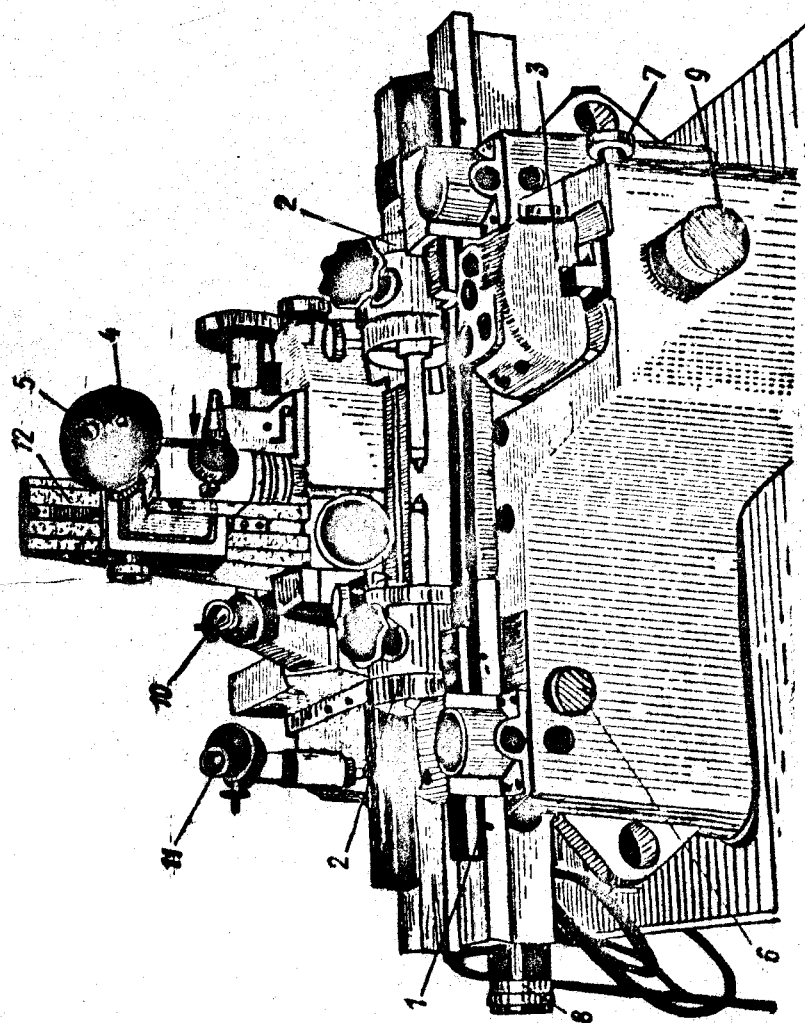


Рис. 5. Универсальный измерительный микроскоп УИМ-21

Микрометры и приборы со вставками применяются в цеховых условиях и при ремонте.

3.3. Измерение шага и половины угла профиля на микроскопе

В данной работе применяются большой инструментальный микроскоп БМИ и универсальный измерительный микроскоп УИМ-2И, которые позволяют производить измерения наружных и внутренних линейных и угловых размеров деталей в прямоугольных и полярных координатах, параметров резьб, профильных шаблонов, лекал, метчиков, конусов и т.п. Универсальный микроскоп показан на рис.5.

На продольной каретке I устанавливаются две центровые бабки 2, стол или другое приспособление для закрепления измеряемых изделий. В направлении, строго перпендикулярном к перемещению продольной каретки I, перемещается поперечная каретка 3, несущая визирный микроскоп 4 со штриховой окулярной головкой 5. При этом продольная и поперечная каретки перемещаются независимо друг от друга и могут быть застопорены винтами 6 и 7. Грубое перемещение продольной и поперечной кареток осуществляется от руки, а точное - при помощи микрометрических винтов 8 и 9. На продольной и поперечной каретках укреплены стеклянные шкалы. Отсчеты по шкалам производят при помощи отсчетных микроскопов IO /продольного хода/ и II /поперечного хода/, имеющих спиральные нониусы.

В нижней части микроскопа укреплен осветитель, который обеспечивает измерение поверхностей детали в проходящем свете. Лучи света от осветителя проходят через ряд линз, центральную часть станины, освещают контур контролируемой детали и попадают в объектив, который дает изображение контура в передней фокальной плоскости окуляра.

При измерениях углов окулярная штриховая пластинка проворачивается маховичком, а значение угла поворота отсчитывается по шкалам угломерного микроскопа.

3.3.1. Измерение шага резьбы

Резьбовую деталь устанавливают в центрах и производят измерения расстояния между одноименными сторонами профиля резьбы на определенном числе витков, определяемом в соответствии с длиной свинчивания l по ГОСТ 16093-81 по формуле:

$$n = \frac{l}{p} \quad (6)$$

Для компенсации погрешностей измерения из-за возможного переноса оси резьбы измерения производят по правым и левым сторонам профиля.

Таблица 3

Параметры средств измерений

Параметр	Определение
Отсчет	Число, отсчитанное по отсчетному устройству средства измерений либо полученное счетом последовательных отметок или сигналов
Показание прибора (средства измерений)	Значение величины, определяемое по отсчетному устройству и выраженное в принятых единицах этой величины
Диапазон измерений	Область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений
Предел измерений	Наибольшее или наименьшее значение диапазона измерений
Чувствительность измерительного прибора	Отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины. Абсолютная чувствительность $S = \Delta l / \Delta x$, где Δl - изменение сигнала на выходе; Δx - изменение измеряемой величины
Измерительная сила	Сила, с которой измерительный прибор (наконечник) воздействует на измеряемую поверхность в направлении измерения

3. Методика измерения размеров поверхностей деталей с помощью штангенприборов и микрометрических инструментов

В данной работе используются стандартные штангенприборы и микрометрические инструменты, позволяющие производить абсолютные измерения.

Устройство этих измерительных инструментов, их метрологические характеристики и области применения, отсчет показаний подробно изложены в [1, с. 66...85] и [2, с. 41...55].

Отметим некоторые особенности проведения измерений, позволяющими получить правильный результат.

При измерении штангенциркулем наружных размеров деталь зажимается между внутренними измерительными поверхностями губок настолько плотно, что качание ее невозможно, и вместе с тем на-

столько свободно, что она скользит между измерительными поверхностями. Степень зажатия определяется на ощупь.

При измерении штангенциркулем внутренних размеров наружные измерительные поверхности губок приводятся в соприкосновение со стенками отверстия. Результат измерения читается так же, как и при измерении наружных размеров. При измерении внутренних размеров к отсчету прибавляют размер толщины двух губок, который намечен на губках (10 мм).

При измерении штангенглубиномером измерительные поверхности основания и штанги приводятся в соприкосновение с поверхностью детали с одинаковым усилием. Затем там, где позволяет конфигурация детали, проверяют, чтобы в местах зажима не было видимого на просвет зазора.

При измерении штангенрейсмасом деталь и сам штангенрейсмас устанавливаются на поверочную плиту. Деталь устанавливается так, чтобы с плоскостью плиты совпадала та плоскость детали, относительно которой отсчитываются поставленные на чертеже размеры, т.е. измерительная база детали.

Перед началом измерений проверяется нулевая установка микрометрических инструментов. При этом нулевая отметка на барабане должна совпадать с продольной линией на стебле. Измерительное усилие при измерении обеспечивается тремя - пятью щелчками трещотки, после этого микровинт стопорят и осуществляют отсчет по шкалам микрометра.

Нулевую установку микрометрического глубиномера проверяют на поверочной плите. Следует помнить, что нулевым делением шкалы стебля является крайнее правое деление и цифры идут справа налево.

Настройка нутромера осуществляется по установочной мере (75 мм). Микрометрический нутромер не имеет трещотки. Для измерения диаметра отверстия нутромер вводят в контролируемое отверстие, прижимая его левую измерительную поверхность левой рукой, а правой рукой вывинчивают микровинт до соприкосновения с деталью. Нутромер следует слегка покачивать до ощущения легкого трения поверхности отверстия детали и нутромера в плоскости, перпендикулярной оси отверстия. Затем отсчитывают по шкалам результат измерения, прибавляя размеры удлинительных.

3.1. Измерение среднего диаметра резьбы методом трех проволок

Это косвенный вид измерения, при котором во впадины профиля резьбы помещают три калиброванные проволоочки /одна - с одной, две - с другой, противоположной стороны профиля резьбы/, после чего микрометром или другим измерительным средством измеряют размер M /рис.3/.

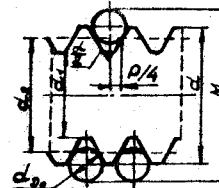


Рис.3. Схема определения среднего диаметра резьбы методом трех проволок

Действительный средний диаметр резьбы находят из зависимости:

$$d_{2s} = M - 3d_{2s} + 0,866 \cdot P,$$

где $d_{2s} = 0,5 P \cdot \cos \angle/2$ - наимыгоднейший диаметр проволок /обеспечивает касание проволок с боковыми поверхностями профиля по линии среднего диаметра d_2 /.

3.2. Измерение среднего диаметра резьбы микрометром со вставками типа МВМ или прибором типа МРЗ-3З

Микрометр и прибор со вставками /рис.4/ отличаются от гладкого микрометра глухими отверстиями, выполненными в неподвижной пятке и в микровинте, куда устанавливают вставки: призматическую - в отверстие пятки, коническую - в отверстие микровинта. Вставки выбирают по шагу и углу профиля резьбы. Углы конуса и призмы должны быть равны соответственно углам профиля впадины и профиля витков измеряемой детали.

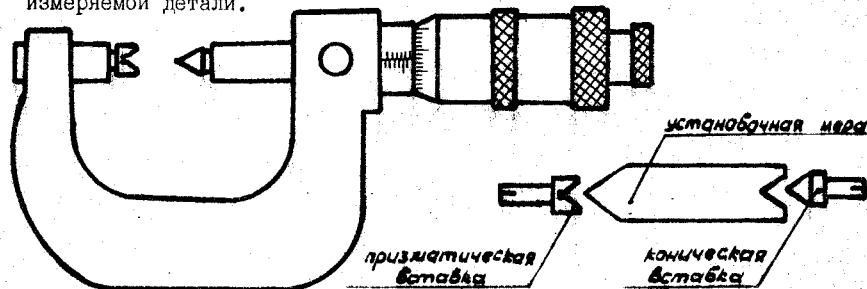


Рис.4. Микрометр со вставками для измерения среднего диаметра

Таблица

Ориентировочные данные о предельных погрешностях измерения параметров наружной резьбы

Параметры резьбы	Наименование средства измерения		Измеряемые размеры, мм (углы в градусах)	Предельная погрешность измерения $\pm \Delta_{изм}$, мкм (углы в минутах)
Средний диаметр d_2	Микрометр (прибор) с резьбовыми вставками		0...25 25...50	100
	С помощью трех проволок предпочтительного диаметра	Микрометры гладкие	0...25 25...50	7,0 9,0
		Оптиметры вертикальные	1...50	2,0
		Длиномеры вертикальные типа ИЗВ-1, ИЗВ-2, ИЗВ-3	1...10 10...50	3,0 3,5
Шаг резьбы P	Микроскопы измерительные типа УИМ-21 и УИМ-23 Микроскопы измерительные универсальные типа УИМ-21 и УИМ-23		1...18	8,5
			18...50	9,0
			1...20	4,0
			20...50 50...80	5,0 6,0
Половина угла профиля $\Delta/2$	Микроскопы измерительные универсальные типа УИМ-21 и УИМ-23		30°	8,5...6,5 при $P = 1,5...2,5$ мм; 6,5...5,0 при $P = 2,5...5,0$ мм

$$\Delta_{мет}(d_2) = \Delta_{мет}(d_1) - 1,732 \Delta_{мет}(\Delta P_n) - 0,36 P \cdot \Delta_{мет}(\Delta/2), (5)$$

где $\Delta_{мет}(d_1)$ — допускаемая погрешность определения приведенного среднего отклонения, которую можно найти из соотношения (4);

$\Delta_{мет}(\Delta P_n)$ и $\Delta_{мет}(\Delta/2)$ — погрешности измерения n шагов и половины угла профиля резьбы.

4. Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с чертежом измеряемой детали.
2. Выбрать из таблиц ГОСТ 25347-82 предельные отклонения, рассчитать предельные размеры всех заданных поверхностей.
3. Изучить конструкцию и методику отсчета размеров на каждом инструменте.
4. Записать метрологические характеристики инструментов.
5. Проверить нулевую установку приборов.
6. Измерить с помощью соответствующих измерительных средств размеры и записать в таблицу результаты, указав вид и метод измерения.
7. Построить схемы расположения заданных на чертеже полей допусков.
8. На схемах расположения полей допусков указать предельные отклонения, предельные размеры и действительные размеры.
9. Дать заключение о годности действительных размеров.

5. Контрольные вопросы

1. Дать определения метрологии как науки, средства измерения, метода измерения.
2. Дать краткую характеристику и классификацию средств измерений.
3. Охарактеризовать и привести примеры различных методов и видов измерений.
4. Виды, назначение и устройство штангенприборов.
5. Виды, назначение и устройство микрометрических инструментов.
6. Описать:
 - отсчетное устройство штангенприборов;
 - отсчетное устройство микрометрических инструментов.
7. Дать определение видов размеров поверхностей деталей (предельный, номинальный, действительный).
8. Как обозначаются поля допусков размеров в чертежах?
9. Как определяются предельные размеры поверхностей?
10. Как дается заключение о годности размера?

Литература

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. — М.: Машиностроение, 1987 — с.6...16, 66...92.
2. Зябрева Н.Н., Шегал М.Я. Лабораторные занятия по курсу "Основы взаимозаменяемости и технические измерения". — М.: Машиностроение, 1966. — с. 41...55.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

АНАЛИЗ И ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ

Целью работы является усвоение методики выбора стандартных универсальных средств измерений линейных размеров в соответствии с ГОСТ 8.051-81 и РД 50-93-86, а также приобретение навыков проведения относительных измерений с помощью рычажно-механических и оптико-механических измерительных средств.

1. Приборы, инструменты, принадлежности

- 1.1. Головка пружинная измерительная ГОСТ 6933-81 (микрокатор)
- 1.2. Индикатор часового типа ГОСТ 577-68.
- 1.3. Нутромер индикаторный ГОСТ 868-82.
- 1.4. Скоба индикаторная ГОСТ 11098-75.
- 1.5. Скоба рычажная ГОСТ 11098-75.
- 1.6. Микрометр рычажный ГОСТ 4331-80.
- 1.7. Оптиметр ГОСТ 5405-75.
- 1.8. Набор плоскопараллельных концевых мер длины ГОСТ 9038-83
- 1.9. Стойки и штативы для измерительных головок ГОСТ 10197-70

2. Основные сведения о рычажно-механических и оптико-механических приборах

Для относительных измерений (когда измеряют отношение искомой величины к одноименной величине, играющей роль единицы или меры) применяют рычажно-механические и оптико-механические приборы.

Схема измерения и структурные элементы шкальных отсчетных устройств приведены на рисунке 1, а определение этих элементов - в табл. I.

В качестве меры принимают, как правило, плоскопараллельные концевые меры длины (ПКМД) ГОСТ 9038-83.

Приборы предварительно настраивают на размер по концевой мере длины или блоку мер, а затем измеряют отклонение размера контролируемой детали от этой меры. Действительный размер поверхности равен алгебраической сумме размера меры и полученного отклонения.

Для проведения измерений используют стойки и штативы ГОСТ 10197-70.

метра, верхний предел которого ограничивает приведенный средний диаметр, а нижний - действительный средний диаметр резьбы.

Таким образом, резьба болта может быть признана годной, если выполняются следующие условия:

$$d_{min} \leq d_s \leq d_{max}$$

$$d_{1s} \geq d_{1min} \text{ и } d_{1np} \leq d_{1max}$$

где d_{min} и d_{max} - наименьшее и наибольшее предельные значения наружного диаметра;

d_{1min} и d_{1max} - наименьшее и наибольшее предельные значения среднего диаметра резьбы.

Проверка годности резьбы может быть выполнена поэлементно /дифференцированный метод/ либо комплексно.

3. Дифференцированный контроль резьбы

При этом виде контроля измеряют каждый параметр в отдельности. Из-за большой трудоемкости дифференцированный контроль применяют в основном для точных резьб: ходовых винтов, резьбовых калибров, резьбонарезного инструмента, т.п./.

Средний диаметр наружной метрической резьбы измеряют методом трех, двух или одной проволоки, микрометром со вставками типа МВМ, прибором типа МР или на инструментальных и измерительных микроскопах.

Шаг и половину угла профиля резьбы измеряют на инструментальных и измерительных микроскопах или с помощью специальных приборов, позволяющих получить сравнение либо с образцовой деталью, либо со штриховой мерой.

Ниже приведены ориентировочные данные о предельных погрешностях измерения параметров наружной резьбы /таблица/.

При выборе средств измерения следует учитывать, что погрешность измерения не должна превышать допускаемой погрешности измерения $\Delta_{мет}$, которую находят из условия:

$$\Delta_{мет} \leq (0,1 \dots 0,25) T, \quad (4)$$

где T - допуск на измеряемый параметр.

Поскольку допуск на средний диаметр резьбы является суммарным, то допускаемая погрешность измерения $\Delta_{мет} / d_{1s} /$ среднего диаметра с учетом выражений /1/, /2/, /3/ может быть определена из соотношения:

Для метрической резьбы / $\alpha = 60^\circ$ / диаметральная компенсация погрешности шага, мм:

$$f_p = 1,732 \cdot \Delta p_n, \quad (1)$$

где Δp_n - накопленная погрешность шага, мм.

Аналогично можно найти величину диаметальной компенсации погрешностей половины угла профиля метрической резьбы:

$$f_\alpha = 0,36 \cdot p \cdot \Delta \alpha / 2 \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где p - шаг резьбы, мм,

$\Delta \alpha / 2$ - отклонение половины угла профиля резьбы /разность между действительным и номинальным значениями половины угла профиля $\Delta \alpha / 2$ /, мин.

Для упрощений контроля резьб и расчета допусков введено понятие приведенного среднего диаметра резьбы, учитывающего влияние на свинчиваемость как среднего диаметра, так и погрешностей шага и половины угла профиля.

На основании вышеприведенных выкладок получаем, что для наружной резьбы приведенный средний диаметр

$$d_{2np} = d_{2o} + (f_p + f_\alpha), \quad (3)$$

Примечание. Аналогично можно показать, что для внутренней резьбы приведенный средний диаметр

$$D_{2np} = D_{2o} - (f_p + f_\alpha),$$

где d_{2o}, D_{2o} - действительные средние диаметры резьбы гайки и болта.

Таким образом, приведенный средний диаметр резьбы - это расчетный параметр, представляющий собой средний диаметр воображаемой резьбы, которая имеет тот же шаг и угол профиля, что и действительная, и на длине свинчивания плотно, без взаимного смещения или натяга сопрягается со свинчиваемой деталью по боковым сторонам.

Система допусков и посадок для метрической резьбы основана на международном стандарте ИСО МС 965/1-1973. Например, для наиболее распространенных резьбовых соединений с зазором допуски и посадки регламентированы ГОСТ 16093-81.

Эта система допусков и посадок не нормирует раздельно допускаемые отклонения d_2 , p , $\Delta \alpha / 2$ /за исключением резьб с натягом, резьб калибров и инструмента/, поскольку, как было показано выше, они имеют определенную взаимосвязь.

Для резьбы болта установлены суммарные допуски среднего диа-

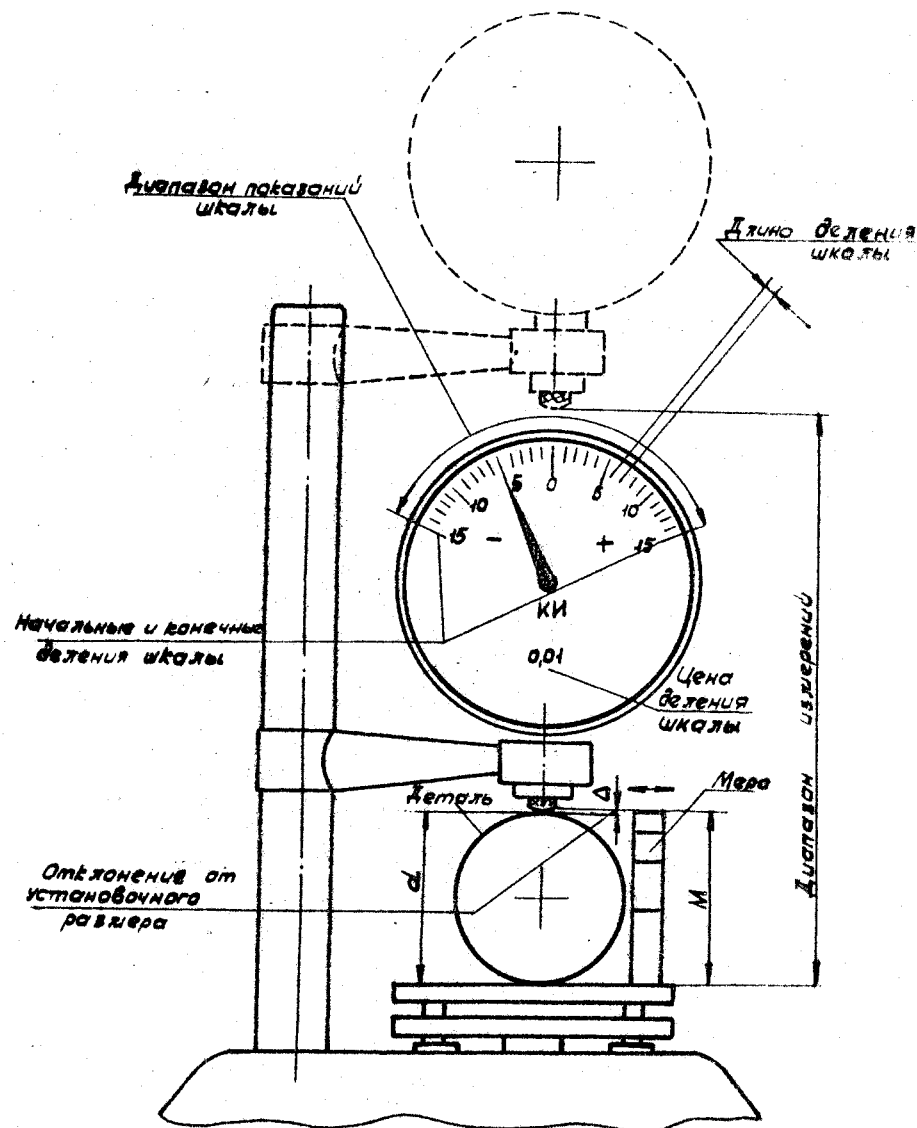


Рис. 1. Основные параметры средств измерений

Таблица I

Некоторые структурные элементы шкальных отсчетных устройств

Структурный элемент	Определение
Деление шкалы	Промежуток между двумя соседними отметками шкалы
Цена деления шкалы	Разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы (значение измеряемой величины, вызывающее перемещение подвижного элемента отсчетного устройства на одно деление)
Начальное (конечное) значение шкалы	Минимальное (максимальное) значение измеряемой величины, указанное на шкале
Диапазон показаний	Область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы

3. Основы выбора универсальных средств измерений

Результат любого измерения, как бы тщательно оно ни проводилось, содержит погрешность измерения. Поэтому результат измерения всегда отличается от истинного значения измеряемой величины.

Разность между результатом измерений и истинным значением измеряемой величины называется погрешностью измерения.

Поскольку истинное значение измеряемой величины неизвестно, то неизвестна и погрешность измерения. Поэтому истинное значение измеряемой величины заменяют действительным значением. Под действительным значением физической величины понимают ее значение, найденное опытным путем и настолько приближающееся к истинному, что оно принимается вместо него.

Погрешность измерения включает в себя все составляющие как систематической (например, из-за отклонений от нормальной температуры измерения; смещения указателя относительно нулевой отметки), так и случайной (например, вследствие вариаций показаний прибора).

Как правило, задачу измерения поверхности можно решить различными измерительными средствами, имеющими разную стоимость и, главное, точность измерения, а, следовательно, получим неодинаковые результаты измерения.

Свинчиваемость резьбовых деталей и требуемое качество соединения обеспечиваются, если действительные контуры болта и гайки не будут выходить за соответствующие предельные контуры на всей длине свинчивания.

К параметрам резьбы болта относят наружный диаметр d , средний диаметр d_2 , внутренний диаметр d_1 , шаг P и угол профиля α . Для резьбы болта предусмотрены допуски только по среднему и наружному диаметрам. Поскольку при сборке резьбового соединения по внутреннему и наружному диаметрам образуются большие зазоры, допуск по внутреннему диаметру резьбы болта /аналогично допуск на наружный диаметр резьбы гайки/ не устанавливается.

Что касается отклонений шага и угла профиля, то для обеспечения свинчиваемости они могут быть скомпенсированы соответствующим изменением действительного среднего диаметра резьбы.

Величину диаметальной компенсации погрешности шага, например, можно определить, если наложить на осевое сечение резьбы гайки, имеющий номинальные профиль и размеры, осевое сечение резьбы болта, у которого на длине свинчивания действительная длина шагов больше по сравнению с номинальной на величину ΔP_n /рис.2/.

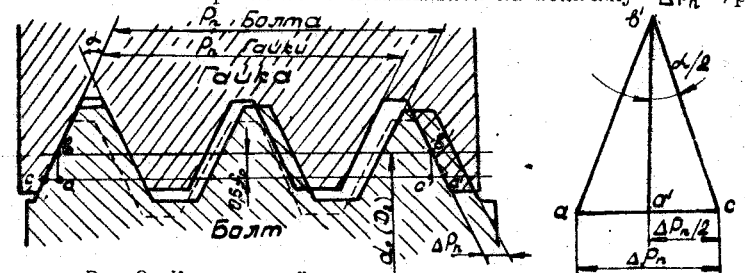


Рис.2. К понятию "диаметральная компенсация погрешности шага"

При равенстве средних диаметров свинчивания не получится из-за перекрытия правых сторон профилей резьбы. Для обеспечения свинчиваемости надо профиль резьбы болта как бы сместить вниз, где полость гайки расширяется, т.е. надо уменьшить действительный средний диаметр болта на величину f_p /практически это выразилось бы в дополнительном проходе резьбового резца, имеющего профиль обрабатываемой резьбы/. Новое положение профиля резьбы болта показано штриховой линией.

Из треугольника $\alpha' b' c'$, в котором $b'c' = 0,5 f_p$, найдем

$$0,5 f_p = 0,5 \Delta P_n \operatorname{ctg} \alpha/2$$

или

$$f_p = \operatorname{ctg} \alpha/2 \cdot \Delta P_n$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ

Цель работы – исследование влияния действительных отклонений параметров резьбы на взаимозаменяемость резьбовых деталей, анализ методов и средств контроля метрических резьб.

1. Приборы, инструменты и принадлежности

- 1.1. Набор резьбовых шаблонов ГОСТ 519-77
- 1.2. Микрометр гладкий типа МК ГОСТ 6507-78
- 1.3. Микрометр со вставками типа МВМ ГОСТ 4330-78
- 1.4. Прибор типа МРЗ-33
- 1.5. Набор гладких калиброванных проволочек ГОСТ 2475-62
- 1.6. Комплект калибров ГОСТ 24939-81 для контроля наружной резьбы
- 1.7. Большой инструментальный микроскоп БМИ или универсальный измерительный микроскоп УИМ-21 (УИМ-23)
- 1.8. Стойка микromетра

2. Общие сведения

Для обеспечения взаимозаменяемости свинчиваемых деталей установлены предельные контуры наружной (болт, шпилька, винт и т.п.) и внутренней (гайка, резьбовое гнездо и т.п.) резьб (в дальнейшем эти детали условно будем называть болтом и гайкой).

На рис.1 жирной линией показан номинальный контур метрической резьбы, от которого в направлении, перпендикулярном оси резьбы отсчитываются отклонения диаметров и располагаются поля допусков, определяющие наименьший и наибольший предельные контуры резьбы болта и гайки.

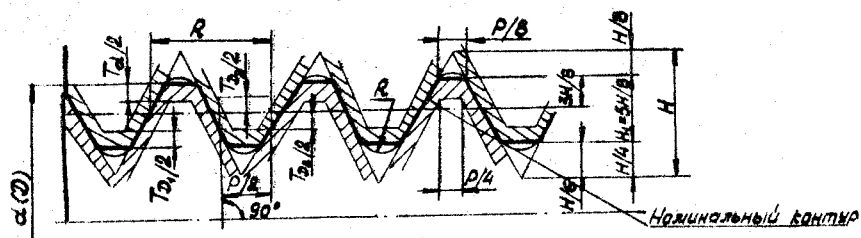


Рис.1. Номинальный профиль и поля допусков метрической резьбы

Чем выше требуемая точность измерения, тем оно массивнее и дороже, тем выше требования, предъявляемые к их использованию.

ГОСТ 8.051-81 устанавливает допустимые погрешности измерения линейных размеров до 500 мм, приведенные ниже в табл.2.

Таблица 2

Допускаемая погрешность измерения (ГОСТ 8.051-81), мкм

Номинальные размеры, мм	Квалитет									
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
До 3	1,4	1,8	3	3	6	8	12	20	30	50
Св. 3 до 6	1,6	2	3	4	8	10	16	30	40	60
6 10	2	2	4	5	9	12	18	30	50	80
10 18	2,8	3	5	7	10	14	30	40	60	90
18 30	3	4	6	8	12	18	30	50	70	120
30 50	4	5	7	10	16	20	40	50	80	140
50 80	4	5	9	12	18	30	40	60	100	160
80 120	5	6	10	12	20	30	50	70	120	180
120 180	6	7	12	16	30	40	50	80	140	200
180 250	7	8	12	18	30	40	60	100	160	240
250 315	8	10	14	20	30	50	70	120	180	260
315 400	9	10	16	24	40	50	80	120	180	280
400 500	9	12	18	26	40	50	80	140	200	320

Выбранные средства измерений должны обеспечивать погрешность измерений меньше нормируемой стандартом.

Выбор средств измерений, с учетом условий измерения, осуществляется по РД 50-98-86 [3], что обеспечивает измерение диаметров и длин с погрешностями, не превышающими значений допускаемых ГОСТ 8.051-81.

4. Методика проведения относительных измерений

В данной работе для относительных измерений используются приборы, описание и настройка которых приведены в литературе:

- микрокатор [1], с. 125...131;
- индикатор часового типа [1], с. 95...102;
- нутромер индикаторный [1], с. 107...116;
- скоба индикаторная [1], с. 121...123;

скоба рычажная [1], с. 116...121;
микрометр рычажный [1], с. 116, 123...125;
оптиметры (вертикальный
и горизонтальный) [4], с. 76...88;
набор плоскопараллель-
ных концевых мер длины [1], с. 24...34;
стойки, штативы для из-
мерительных головок [1], с. 92...95.

Отметим некоторые особенности проведения измерений, позволяющие получить правильный результат.

При измерении размеров рычажным микрометром изделие помещают между измерительными поверхностями микрометра. Поскольку рычажный микрометр не имеет трешотки, усилие прижатия определяется установкой стрелки в нулевое положение. Если при этом штрих на барабане микрометра не совпал с продольным штрихом на стебле, то необходимо вращать барабан до совпадения штриха на барабане с продольным штрихом на стебле. После этого снимают отсчеты по шкалам микрометрической головки и по шкале стрелочного устройства. Действительный размер определяется алгебраическим суммированием этих показаний.

При измерении размеров с использованием индикатора часового типа следует помнить, что перед установкой шкалы в нулевое положение индикатору сообщают натяг (1...2 мм).

При работе индикаторным нутромером необходимо, осторожно отжимая центрирующий мостик, ввести измерительную головку нутромера в пространство между измерительными поверхностями установочного устройства. Небольшим покачиванием найти крайнее положение большой стрелки индикатора при движении ее по часовой стрелке. К этому положению стрелки, которое будет соответствовать наименьшему расстоянию между поверхностями установочной меры, поворотом шкалы подводят нулевое деление. Если индикатор имеет стопорное устройство, то шкала закрепляется в этом положении. Повторным покачиванием проверить правильность нулевой установки.

Отжимая центрирующий мостик, вывести нутромер из установочного устройства и ввести прибор в проверяемое отверстие. Небольшим покачиванием в плоскости измерения найти положение, соответствующее наименьшему показанию индикатора.

Направление неровностей при этом должно быть перпендикулярно изображению световой шели.

5.3.2. Произвести отсчет показаний по барабану микроскопа пяти величин микронеровностей H_i , последовательно совмещая горизонтальную нить перекрестия с верхним (вершиной) и нижним (впадиной) краями изображения по верхней (или нижней) стороне.

5.3.3. Определить среднее арифметическое микронеровностей H_i (пяти величин разности отсчетов по барабану микроскопа).

5.3.4. Определить цену деления шкалы микроскопа E (по формуле 1).

5.3.5. Определить действительную высоту микронеровностей - параметр R_z (по формуле 2).

5.3.6. Занести результат в протокол измерений и дать обозначение шероховатости поверхности на эскизе, выбрав ближайшее большее значение.

5.4. Для предложенных преподавателем примеров дать расшифровку обозначений шероховатости в чертеже и (или), наоборот, по заданным условиям дать условное обозначение параметров шероховатости на эскизах деталей.

6. Контрольные вопросы

- 6.1. Дать определение шероховатости поверхности.
- 6.2. Перечислить параметры шероховатости поверхности.
- 6.3. Дать определения параметров шероховатости.
- 6.4. Привести формулы для определения параметров R_d и R_z .
- 6.5. Как обозначается шероховатость в чертежах?
- 6.6. Как указывается способ обработки поверхности при обозначении шероховатости в чертежах?
- 6.7. По каким параметрам производится оценка шероховатости поверхности на двойном микроскопе МИС-II и профилометре модели 201?
- 6.8. Каково назначение образцов сравнения параметров шероховатости поверхности?
- 6.9. Дать краткую характеристику и методику измерения шероховатости поверхности на профилографе-профилометре модели 201.
- 6.10. Дать краткую характеристику и методику измерения шероховатости поверхности на двойном микроскопе МИС-II.

Литература

Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. - М.: Машиностроение, 1987. - с. 185...196.

5.2. Измерения на профилометре*.

- 5.2.1. Включить прибор и дать ему прогреться в течение 15... 20 мин.
- 5.2.2. Установить деталь на столике 10 прибора или в приспособлении (рис. 4).
- 5.2.3. Выбрать требуемое вертикальное увеличение от 1 тыс. по 200 тыс. переключателем I.
- 5.2.4. Перевести датчик II в левое положение поворотом рычага 15 влево до упора. При этом стрелка прибора 6 должна установиться на нуль. В случае несовпадения стрелки с нулем шкалы ее необходимо установить на нулевой штрих ручкой прибора "УСТ. 0"III".
- 5.2.5. Установить датчик II на поверхность детали перемещением по вертикали мотопривода маховичком 17, предварительно отстопорив каретку маховичком 19. Точную установку датчика произвести маховичком 14, предварительно застопорив каретку маховичком 19. Вращая маховички 14 и 17, вывести стрелку прибора 5 на участок, отмеченный на шкале нижним прямоугольником. Тумблер 3 при этом должен находиться в положении "Выход усилителя". Необходимо, чтобы вращение маховичка 17 по часовой, а маховичка 14 против часовой стрелки вызывало перемещение стрелки прибора 5 слева направо.
- 5.2.6. Переключатель 18 установить в положение III (называемый прибор).
- 5.2.7. Повернуть переключатель 16 мотопривода в положение III.
- 5.2.8. Повернуть переключатель 7 в положение III.
- 5.2.9. Установить переключатели 2;13 в положение, соответствующее выбранной длине участка измерения (1,6; 3,2 или 6 мм).
- 5.2.10. Установить переключателем 4 необходимую базовую длину - шаг отсечки (0,08; 0,25; 0,8 или 2,5 мм).
- 5.2.11. Включить движение датчика, отводя рычаг 15 вправо до упора.
- 5.2.12. Произвести отсчет шероховатости поверхности (параметр R_a) по стрелке показывающего прибора 6.
- 5.2.13. После окончания измерений перевести переключатель 7 в положение "ЗАГР".
- 5.2.14. Занести результат в протокол измерений и дать обозначение шероховатости на эскизе, выбрав ближайшее стандартное значение.
- 5.3. Измерения на двойном микроскопе МИС-II.
- 5.3.1. Установить деталь на предметный столик микроскопа.

*Выполняются только под руководством лаборанта или преподавателя.

5. Порядок проведения работы

- 5.1. Изучить конструкцию, метрологические характеристики используемых в настоящей работе приборов, инструментов и принадлежностей, а также методику относительных измерений.
- 5.2. Произвести выбор возможных вариантов измерительных средств в зависимости от допусков размеров поверхностей контролируемой детали, воспользовавшись методикой [3].
- 5.3. Из полученных вариантов назначить окончательно измерительные средства, записать их метрологические характеристики.
- 5.4. Произвести измерения отклонений размеров поверхностей, предварительно выполнив настройку приборов.
- 5.5. Занести результаты в протокол и дать заключение о годности размеров.
- 5.6. Дать оценку правильности выбора универсальных средств измерений, применяемых в лабораторных работах № I и № 2.

6. Контрольные вопросы

- 6.1. Дать описание конструкции, области применения и особенностей измерения поверхностей с помощью измерительных средств:
- головка пружинная измерительная (микрокатор);
 - индикатор часового типа;
 - нутромер индикаторный;
 - скоба индикаторная;
 - скоба рычажная;
 - микрометр рычажный;
 - набор ПКМД.
- 6.2. Подобрать блок ПКМД для размеров 31,785 мм; 59,936 мм.
- 6.3. Дать характеристику погрешностей измерений и их влияния на результат измерений.
- 6.4. Какая разница между действительным и истинным размерами?
- 6.5. Охарактеризовать факторы, учитываемые при выборе универсальных средств измерения.
- 6.6. Изложить последовательность выбора универсальных средств измерений по ГОСТ 8.051-81 и РД 50-98.86 для заданного размера поверхности.

Литература

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. - М.: Машиностроение, 1987. с. 16...18, 24...34, 92...102, 107...115, 116...130.
2. ГОСТ 8-051-81. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. - Введ. 01.01.82. - М.: Изд-во стандартов, 1985. - 10 с.
3. Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм. РД 50-93-86. - М.: Изд-во стандартов, 1987. - 83 с.
4. Зябрева Н.Н., Шегал М.Я. Лабораторные занятия по курсу "Основы взаимозаменяемости и технические измерения". - М.: Машиностроение, 1966. - 350 с.

$$E = \frac{Z \cdot T}{A} \cdot \cos 45^\circ = \frac{Z \cdot T}{2A}, \quad (1)$$

где T - цена деления шкалы объект-микрометра ($T = 0,01$ мм);
 Z - число делений шкалы объект-микрометра, пройденного перекрытием окуляра микроскопа;
 A - разность отсчетов по барабану микрометра.

4.3.2. Измерение шероховатости на микроскопе

При измерении шероховатости изделие устанавливают на предметный столик прибора, ориентируя его таким образом, чтобы направление неровностей поверхности изделия было перпендикулярно изображению световой щели. Свет через узкую щель в объективе осветительного микроскопа в виде узкой полосы зеленого цвета падает на контролируемую поверхность детали, деформируется ее микронеровностями (шероховатостью), и, отразившись, воспринимается в объектив наблюдательного микроскопа, рис. 5,а.

Величина шероховатости (параметра R_z) определяется как среднее арифметическое пяти последовательных значений высоты микронеровностей H_i (с учетом цены деления E шкалы окулярного микрометра микроскопа):

$$R_z = \frac{1}{5} (H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5) \cdot E. \quad (2)$$

Высота микронеровностей H_i определяется как разность двух отсчетов по шкале барабана окулярного микрометра микроскопа. Для этого горизонтальную нить перекрестия окуляра микроскопа вращением барабана последовательно совмещают сначала с верхним краем (вершиной), а затем нижним краем (впадиной) неровности по верхней (или нижней) стороне ее изображения (рис. 5,б). При каждом совмещении делают соответствующие отсчеты по барабану микроскопа, которые записываются в бланк отчета.

5. Последовательность выполнения работы

5.1. Сравнение с образцами шероховатости.

5.1.1. Путем сравнения шероховатости поверхности детали с шероховатостью поверхностей образцов выбрать образец, шероховатость поверхности которого наиболее полно соответствует шероховатости поверхности детали.

5.1.2. Определить численное значение параметра шероховатости, вид обработки.

5.1.3. Дать обозначение шероховатости поверхности на эскизе.

тов столик с деталью может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях, а также поворачиваться вокруг вертикальной оси.

4.3.1. Определение цены деления микроскопа

К двойному микроскопу МИС-II прилагаются четыре пары сменных объективов, которые не всегда идентичны. Поэтому перед измерениями должна быть определена цена деления шкалы барабана прибора при

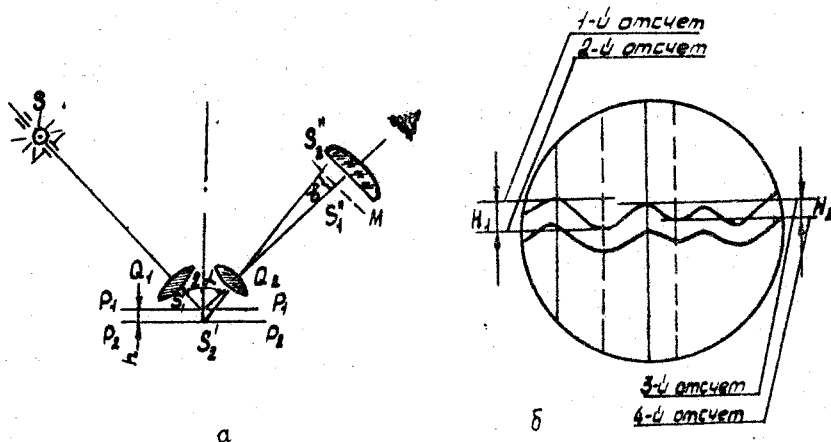


Рис.5. Оптическая схема двойного микроскопа (а) и схема определения высоты микронеровностей (б)

помощи объект-микрометра, представляющего собой стеклянную пластину с нанесенной на ней шкалой (в большинстве случаев с ценой деления $T = 0,01$ мм).

Цена деления шкалы микроскопа определяется следующим образом.

На предметный столик кладут объект-микрометр (пластину) и в окуляре наблюдательного микроскопа добиваются отчетливого увеличенного изображения шкалы объект-микрометра, ориентируя его таким образом, чтобы штрихи шкалы были перпендикулярны световой щели и направлению оси винта отсчетного барабана. Сравнивая перемещение перекрестия окуляра микроскопа с количеством штрихов шкалы объект-микрометра, рассчитывают цену деления шкалы микроскопа (окулярного микрометра микроскопа) по следующей формуле:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ И КОНУСОВ

Целью работы является приобретение навыков измерения углов и конусов и ознакомление с системой допусков угловых размеров.

1. Приборы, инструменты и принадлежности

- 1.1. Угловые призматические меры ГОСТ 2375-75.
- 1.2. Угломер с нониусом тип I ГОСТ 5378-66 (мод. УМ).
- 1.3. Угломер с нониусом тип 2 ГОСТ 5378-66 (мод. 127).
- 1.4. Угломер оптический ГОСТ 11197-73.
- 1.5. Линейка синусная тип ЛС ГОСТ 4046-80.
- 1.6. Стойка или штатив ГОСТ 10197-70.
- 1.7. Комплект калибров для контроля наружных конусов ГОСТ 2349-77.

2. Общие сведения

В настоящее время действуют следующие стандарты на допуски и посадки угловых размеров:

- ГОСТ 8593-81. Нормальные конусности и углы конусов.
- ГОСТ 8908-81. Нормальные углы и допуски углов.
- ГОСТ 25307-82. Допуски и посадки конических соединений.

Допуском угла AT называется разность между наибольшим α_{max} и наименьшим α_{min} предельными углами (рис.1)

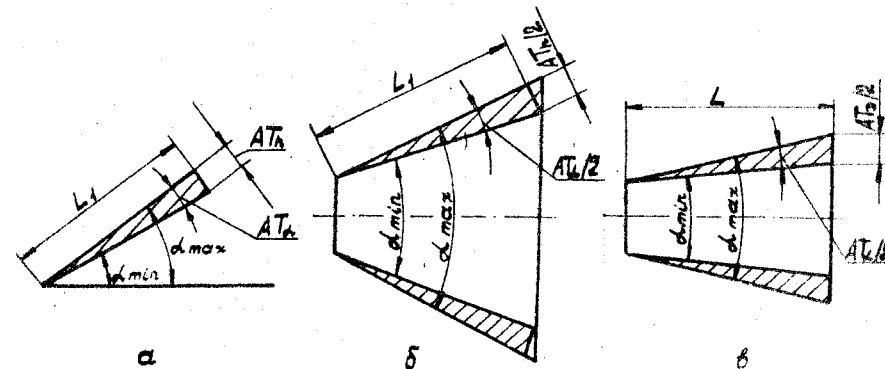


Рис.1. Допуски угловых размеров

Для углов установлено 17 степеней точности, обозначаемых в порядке убывания точности АТ1; АТ2; АТ3... АТ16; АТ17. Числовые значения допусков углов для этих степеней точности приводятся в таблицах.

Стандартом для каждой степени точности определены четыре вида допусков на угловые размеры:

AT_{α} - допуск угла, выраженный в угловых единицах /рис. I, а/, например в микрорадианах /...мкрад/, градусах /...°/, минутах /...'/, секундах /..."/;

AT'_{α} - округленное значение допуска AT_{α} , выраженное в градусах, минутах, секундах.

Значения AT'_{α} рекомендуются для использования при указании предельных отклонений углов на чертежах;

AT_h - допуск угла, выраженный отрезком на перпендикуляре к стороне угла, противолежащему углу AT_{α} на расстоянии L , от вершины этого угла /рис. I, а, б/;

AT_{ϕ} - допуск угла конуса, выраженный допуском на разность диаметров в двух нормальных к оси сечения конуса, на заданном расстоянии L между ними; определяется по перпендикуляру к оси конуса /рис. I, б/;

Допуски углов назначаются: для углов призматических элементов в зависимости от длины L , меньшей стороны угла /рис. I, а/;

для конусов с конусностью не более 1:3 - в зависимости от длины конуса L /рис. I, б/;

для конусов с конусностью свыше 1:3 - в зависимости от длины образующей конуса L , /рис. I, б/.

Допуск угла может быть расположен относительно номинального угла в плюс $+ AT/2$, в минус $- AT/2$ или симметрично $\pm AT/2$.

3. Приборы для измерения углов

К приборам для измерения углов относят угломеры с нониусом, оптические угломеры, оптические делительные головки, синусные линейки. Углы могут быть измерены также на измерительном проекторе и инструментальном микроскопе. Для измерения малых углов используют уровни и автоколлиматоры.

Гладкие конические детали с конусностью от 1:3 до 1:50 контролируют конусными калибрами ГОСТ 24932-61.

электронного блока с показывающим прибором 8, записывающего прибора 20.

Мотопривод с закрепленным на нем датчиком перемещается по стойке при помощи маховичка 17. Точная установка датчика в рабочее положение производится маховичком 14.

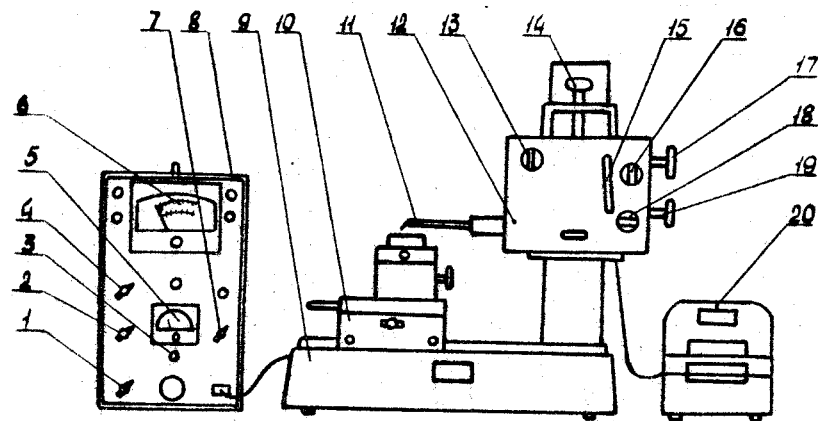


Рис. 4 Профилограф-профилометр модели 20I

Записывающий прибор используется только при записи профилотрамм.

4.3. Двойной микроскоп МИС-II

Двойной микроскоп МИС-II, оптическая схема которого представлена на рис. 5, а, предназначен для измерения шероховатости поверхности по параметру R_z по методу светового сечения.

Прибор состоит из двух микроскопов, осветительного и наблюдательного, и предметного столика, установленных на массивном штативе, обеспечивающем жесткость системы и удобство в работе.

Микроскопы, осветительный и наблюдательный, расположены под углом 90° друг к другу, а биссектриса угла перпендикулярна к контролируемой поверхности. Предметный столик снабжен призмой для установки цилиндрических деталей. С помощью двух микрометрических вин-

метры R_a и R_z определяют в пределах базовой длины, отличающейся от рекомендуемой стандартом.

В случае необходимости под обозначением базовой длины указывают условный знак направления неровностей шероховатости (рис.2,г)

4. Образцы и приборы для определения параметров шероховатости

4.1. Образцы сравнения параметров шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75

Параметры шероховатости поверхности оценивают на рабочем месте сравнением с образцами шероховатости (рис.3) – брусками с плоской или цилиндрической поверхностями длиной 30...40 мм и шириной 20 мм с известными значениями параметра шероховатости.



Рис.3. Образец шероховатости поверхности

На каждом образце шероховатости указывают номинальное значение параметра шероховатости и способ механической обработки. Образцы шероховатости комплектуют в наборы.

4.2. Профилограф-профилометр модели 201

Прибор (рис.4) предназначен для измерения шероховатости поверхности по параметру R_a контактным способом.

Действие прибора основано на принципе ошупывания исследуемой поверхности алмазной иглой и преобразования колебаний иглы в пропорциональные изменения электрического напряжения индуктивным преобразователем. На выход прибора подключается записывающее (профилограф) или показывающее (профилометр) устройство.

В данной лабораторной работе прибор используется только в качестве профилометра.

Прибор состоит из следующих самостоятельных блоков: стойки с кареткой 9, универсального столика 10, датчика 11, моторпривода 12.

3.1. Угломеры с нониусом /ГОСТ 5378-66/

Угломер /рис.2/ тип I, модель УМ /транспортный/ состоит из

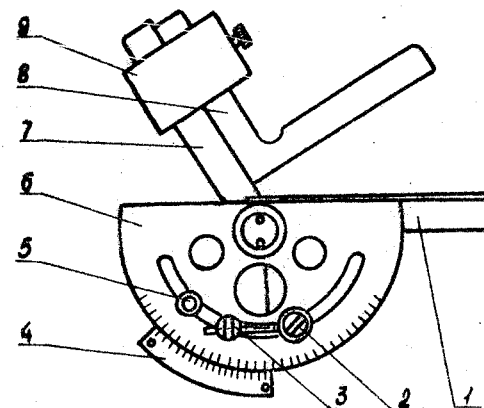


Рис.2. Угломер тип I, модель УМ

основания 6 с угловой шкалой $0...120^\circ$ и ценой деления 1° . На основании закреплена основная линейка 1. Подвижная линейка 7 выполнена с сектором, несущим нониус 4. Устройство нониуса угломера аналогично устройству нониуса на штангенприборах. Сектор поворачивается на оси относительно основания и фиксируется стопорным винтом 5. Для точной установки нониуса сектор перемещают с помощью микроподачи 3. Диапазон измерений угломера УМ составляет $0...180^\circ$. Измерения в диапазоне от 0 до 90° проводятся с угольником 8, который крепится державкой 9, а в диапазоне от 90° до 180° – без угольника.

Подобным образом устроен и угломер с нониусом тип 2, модель 127 /рис.3/ ГОСТ 5378-66, однако в отличие от рассмотренного выше, этот прибор позволяет измерять не только наружные, но и внутренние углы, причем в диапазоне от 0° до 320° .

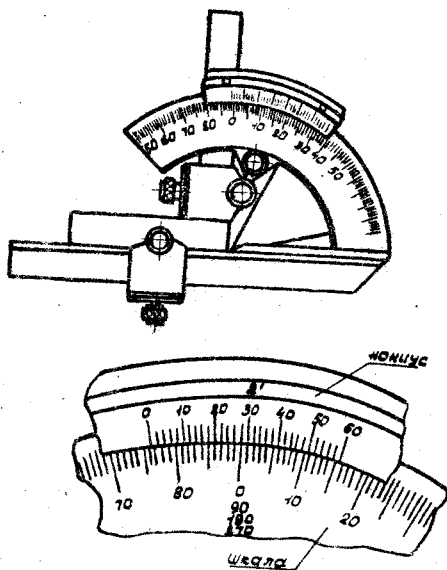


Рис.3. Угломер тип II, модель I27

3.2. Угломер оптический /ГОСТ III97-73/

Угломер /рис.4/ состоит из корпуса 4, с которым жестко соединена сдвоенная линейка 7. Сменная линейка 6 может поворачиваться и перемещаться в продольном направлении.

Съемная призматическая подставка 8 с зажимным винтом 9 используется при измерениях углов цилиндрических или конических поверхностей.

Перед измерениями линейка 6 выдвигается из корпуса на длину, которая обеспечивает полноту охвата поверхности изделия. Линейка крепится к подвижному механизму прибора поворотом рукоятки I. Положение сменной линейки относительно сдвоенной фиксируется поворотом зажимного рычага.

Отсчет углов осуществляется через установленный на крышке 3 окуляр 2 с 16 - кратным увеличением. В поле зрения окуляра видны основная угловая шкала лимба, а также прямая и обратная минутные шкалы для отсчета при различных направлениях вращения линеек.

Шкала лимба состоит из четырех секторов по 90° с ценой деления 1° . Для отсчета показаний окуляр прикладывается к глазу и окно для подсветки шкал лимба и нониуса направляется в сторону источника света. Отсчет производится по делениям шкалы лимба, находящемуся в пределах ми-

3. Обозначение шероховатости поверхности на чертежах

Условные обозначения шероховатости поверхности установлены ГОСТ 2.309-73.

Для обозначения шероховатости поверхности установлен знак, представляющий собой угол в 60° , вершина которого соприкасается с поверхностью, шероховатость которой нормируется (рис.2а).

В зависимости от вида обработки поверхности изделия установлены следующие обозначения шероховатости поверхности:

- ✓ - знак обозначения шероховатости поверхности, метод образования которой конструктором не регламентируется (основной знак).
- ✓ - знак обозначения шероховатости поверхности, которая должна быть образована удалением слоя материала (например, точением, шлифованием, фрезерованием и т.п.).
- ✓ - знак обозначения шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления поверхностного слоя материала (например, литьем, штамповкой, прессованием и т.п.). Этот же знак используют для обозначения шероховатости поверхностей, не получаемых по данному чертежу.

Значения параметров шероховатости записывают в пространстве над вершиной угла. При этом для всех параметров, кроме R_a , дают буквенное условное обозначения параметра (рис.2,б, в, г).

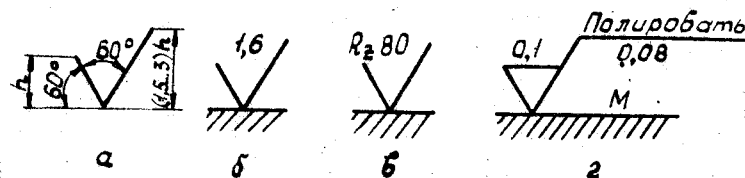


Рис. 2. Обозначение шероховатости в чертежах

На полке знака шероховатости указывают вид обработки, когда он является необходимым для получения требуемого качества поверхности (рис.2,г).

Под полкой указывают базовую длину только тогда, когда пара-

Числовые значения параметров R_a и R_z , а также значения базовой длины l рекомендуется выбирать из таблиц 1 и 2 (ГОСТ 2789-73).

Таблица 1

Числовые значения высотных параметров шероховатости по ГОСТ 2784-73

R_z, R_{max}		R_z, R_a, R_{max}				R_a
-	1000	100	10,0	1,00	0,1	0,010
-	800	80	8,0	0,80	0,08	0,008
-	630	63	6,3	0,63	0,063	-
-	500	50	5,0	0,50	0,050	-
-	400	40	4,0	0,40	0,040	-
-	320	32	3,2	0,32	0,032	-
-	250	25	2,5	0,25	0,025	-
-	200	20	2,0	0,20	-	0,020
1600	160	16	1,6	0,16	-	0,016
1250	125	12,5	1,25	0,125	-	0,012

Примечание. Значения, обведенные рамками, являются предпочтительными при нормировании.

Таблица 2

Соотношение между значениями параметров R_a, R_z, R_m и базовой длины l по ГОСТ 2789-73

Значение параметра шероховатости, мкм				Базовая длина l , мм
R_a		R_s		
	до 0,025		до 0,1	0,08
св. 0,025	до 0,4	св. 0,1	до 1,6	0,25
0,4	3,2	1,6	12,5	0,8
3,2	12,5	12,5	50	2,5
12,5	100	50	400	8

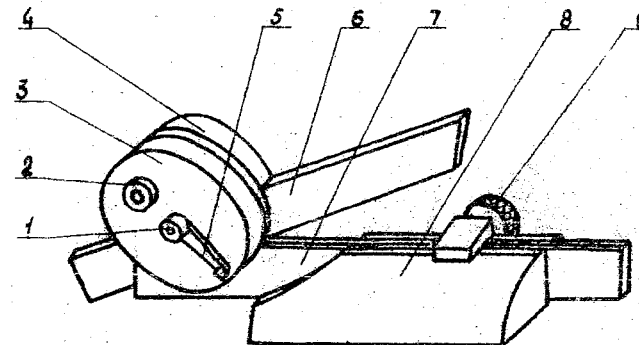


Рис. 4. Угломер оптический

нутной шкалы. При этом необходимо учитывать следующее. Если измеряемый угол меньше 90° , то прибор показывает действительную величину этого угла. Если измеряемый угол больше 90° , то прибор показывает величину дополнительного угла. Величина измеряемого угла при этом определяется по формуле: $\alpha = 180^\circ - \alpha_1$, где α_1 - отсчет по шкалам лимба и нониуса.

3.3. Угловые призматические меры /ГОСТ 2875-75/

Меры предназначены для передачи размера единицы плоского угла от эталонов к образцовым угловым мерам и от образцовых мер к рабочим угловым мерам, для поверки и градуировки приборов, предназначенных для измерения углов, а также для непосредственного измерения углов деталей.

Угловые меры выпускаются пяти типов. Наибольшее распространение получили угловые меры, выполненные в форме трехгранной призмы с одним рабочим углом /тип 2/, и четырехгранной призмы с четырьмя рабочими углами /тип 3/. По точности изготовления угловые меры этих типов выпускаются 0,1 и 2-го классов точности.

Угловые меры можно применять как отдельно, так и в виде блоков, составленных из нескольких мер. Соединяют угловые меры друг с другом винтами и клиновыми штифтами, пропускаемыми через отверстия державки и угловой меры.

В данной лабораторной работе угловые меры применяются для поверки погрешности показаний угломеров. Показания угломеров при совмещении их измерительных поверхностей с измерительными поверхностями угловых

мер без видимого просвета не должны отличаться от размеров угловых мер более чем на допускаемую погрешность угломеров.

3.4. Синусная линейка /ГОСТ 4046-80/

Синусная линейка является специальным приспособлением для измерения наружных углов от 0 до 45° косвенным /тригонометрическим/ методом.

Синусная линейка типа ЛС /рис.5/ представляет собой стальной столик 2 с двумя прикрепленными к ней цилиндрическими роликами, расстояние между осями которых выполнено с большой точностью.

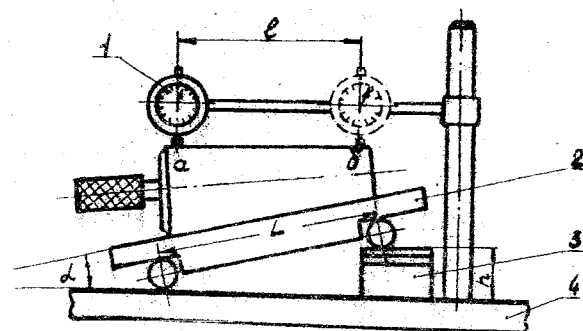


Рис.5. Измерение на синусной линейке

Синусную линейку с проверяемым изделием устанавливают на поверочную плиту 4 под необходимым углом α с помощью блока концевых мер 3, величину h которого рассчитывают по формуле:

$$h = L \sin \alpha,$$

где L - расстояние между осями роликов синусной линейки;
 α - угол установки линейки /номинальный угол измеряемой поверхности/.

Ставки угла, например, конической пробки-калибра, от номинального значения определяют по разности показаний приборов в точках а

поверхности изделий, независимо от материала и способа изготовления (получения поверхности), оценивают количественно одним или несколькими параметрами из следующего перечня: R_a, R_z, R_{max} (высотные параметры); S_m, S (шаговые параметры); t_p (опорный параметр).

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a - среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где l - базовая длина;

n - число отклонений профиля.

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z - сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля (от средней линии) в пределах базовой длины

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right),$$

где $H_{i \max}$ - высота i -го наибольшего выступа профиля;

$H_{i \min}$ - глубина i -й наибольшей впадины профиля (рис.1).

Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} - расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

Примечание. Линия выступов (впадин) профиля - линия, эквидистантная средней линии и проходящая через высшую (низшую) точку профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг неровностей профиля S_m - среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг местных выступов профиля S - среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины.

Относительная опорная длина профиля t_p - отношение опорной длины профиля $\sum b_i$ к базовой длине

$$t_p = \frac{\sum b_i}{l} \cdot 100\%,$$

где $\sum b_i$ - опорная длина профиля (сумма длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне в материале детали линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины - см.рис.1).

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ

Целью работы является ознакомление с системой нормирования и обозначения шероховатости поверхности деталей по ГОСТ 25142-82 и ГОСТ 2789-73, а также приобретение навыков контроля шероховатости поверхности изделий.

1. Приборы, инструменты и принадлежности

- 1.1. Профилограф-профилометр мод. 201 ГОСТ 19299-73.
- 1.2. Двойной микроскоп МИС-II ГОСТ 9347-79.
- 1.3. Образцы сравнения шероховатости ГОСТ 9378-75.

2. Общие сведения

Параметры шероховатости регламентированы ГОСТ 25142-82 и ГОСТ 2789-73.

Шероховатость поверхности - это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине.

Шероховатость поверхности определяют по ее профилю, который образуется в сечении этой поверхности плоскостью, перпендикулярной к номинальной поверхности (рис.1).

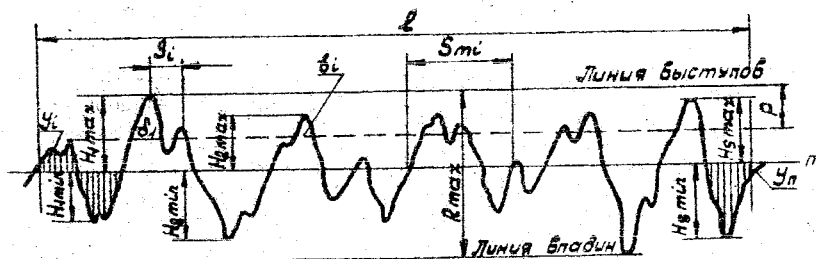


Рис.1. Профилограмма поверхности

При этом в качестве базовой линии служит средняя линия профиля - линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально.

Согласно ГОСТ 2789-73, который полностью соответствует международной рекомендации по стандартизации ИСО Р463, шероховатость

и δ , отнесенной к расстоянию l между этими точками.

3.5. Калибры для контроля конусов ГОСТ 2349-77

Одним из распространенных методов контроля конических соединений является контроль с помощью калибров.

Виды и исполнения, формулы для определения размеров, допуски и комплектность калибров для деталей конических соединений с конусностью от 1:3 до 1:50, с диаметрами в заданном сечении до 200 мм, с допусками диаметров 6...12 квалитетов, допусками углов конусов 4...9 степени точности устанавливает ГОСТ 24932-81.

Конусы инструментов в основном контролируют с помощью комплекта специальных калибров, который состоит из рабочих калибров /пробки и втулки/ и калибра для контроля рабочих калибров. Основные размеры, допуски и технические требования к калибрам для инструментальных конусов степеней точности АТ6, АТ7 и АТ8 установлены ГОСТ 2349-77.

Калибры-пробки представляют собой наружные конусы с рукоятками. На конической части калибра большего диаметра имеются две кольцевые риски, между которыми должен располагаться торец контролируемой втулки /рис.6, а/.

Калибры-втулки являются втулками с внутренними конусами. Калибр-втулка имеет уступ размером z . При контроле конус инструмента своим торцом должен располагаться между торцом калибра и торцом уступа /рис.6, б/.

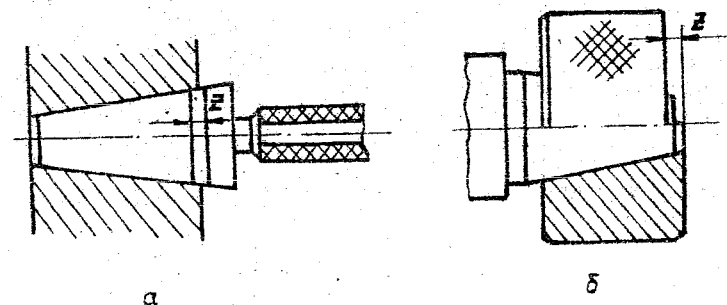


Рис.6 Контроль с помощью калибра-пробки /а/ и калибра-втулки /б/

Контроль конусов калибрами является комплексным. Он сводится к контролю базового расстояния z /рис.6, а, б/, а через него и суммарной ошибки диаметров и угла конуса.

Степень прилегания калибра и характер контакта по малому или большому диаметру в обычных случаях определяет контролер по качанию калибра.

В ответственных случаях степень прилегания оценивают по пятну краски, оставленному на калибре-пробке или наружном конусе изделия.

На каждом калибре нанесены: обозначение конуса /например, Морзе 4; метр. 80/; степень точности изделия /например, АТ6, у контрольного калибра дополнительно указывают букву К/; порядковый номер калибра; товарный знак изготовителя и дата выпуска.

4. Последовательность выполнения работы

4.1. Измерения с помощью угломеров

4.1.1. Произвести проверку угломеров по угловым мерам и результаты проверки занести в таблицу.

4.1.2. Произвести измерение углов в заданной детали.

4.1.3. Определить действительные угловые отклонения от номинальных значений углов.

4.1.4. Измерить длину меньшей стороны измеряемых углов.

4.1.5. Установить табличные значения допусков углов AT_d в зависимости от длины меньшей стороны углов и заданной степени точности.

4.1.6. Занести результаты измерений в таблицу и на их основании сделать заключение о годности по каждому углу измеряемой детали.

4.2. Измерения с помощью синусной линейки

4.2.1. Закрепить измеряемую деталь на синусной линейке.

4.2.2. Определить высоту блока концевых мер по формуле /1/.

4.2.3. Установить на поверочную плиту синусную линейку, подставив под один из роликов блок концевых мер /рис. 5/.

4.2.4. Установить на плиту рычажно-механическую головку /или индикатор часового типа/, закрепленную на штативе.

4.2.5. Установить прибор на нуль /или любое другое деление/ в точке "а" измеряемой детали.

4.2.6. Переместить прибор по плите в точку "б" измеряемой детали.

Определить отклонение прибора от показания в точке "а".

4.2.7. Измерить линейкой расстояние между точками "а" и "б" измеряемой детали.

4.2.8. Определить погрешность конусности как отношение разности показаний прибора в точках "а" и "б" к расстоянию l .

4.2.9. Сравнить действительную погрешность с допускаемой, определенной по таблицам, сделать заключение о годности.

4.2.10. Результаты замеров и расчетов занести в таблицу.

4.3. Контроль калибрами

4.3.1. Установить обозначение контролируемого конуса, его степень точности.

4.3.2. Определить годность детали.

4.3.3. Результаты контроля занести в таблицу

5. Контрольные вопросы

5.1. Как обозначают допуски углов изделий на чертежах?

5.2. Что такое допуск угла?

5.3. Какие виды допусков предусмотрены на угловые размеры?

Как они обозначаются?

5.4. Сколько степеней точности установлено на угловые размеры?

Как они обозначаются?

5.5. Чем отличаются допуски углов AT_d , AT'_d , AT_h , AT_z ?

Сформулируйте определения этих допусков.

5.6. Допуски какого вида назначают на конусы, имеющие конусность не более 1:3; конусность более 1:3?

5.7. Какие приборы применяются для измерения углов, конусов?

5.8. Чем отличается угломер типа I /транспортный/ от угломера типа 2 /универсальный/?

5.9. Чем отличается угломер с нониусом от угломера оптического?

5.10. Как производится отсчет показаний на угломере с нониусом; угломере оптическом?

5.11. Каково назначение угловых призматических мер?

5.12. В чем отличие методов измерения угломерами и синусной линейкой?

5.13. В чем заключается особенность контроля конусов калибрами?

5.14. Каким образом определяется годность контролируемой детали калибром?

5.15. Какие конусы, как правило, контролируются калибрами?

Литература

1. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. - М.: Машиностроение, 1987. - с 246...248.
2. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. - М.: Машиностроение, 1987, - с. 226...277.