МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ
«САМАРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по дисциплине

ДОПУСКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ - ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ РАБОЧИХ, СЛУЖАЩИХ

15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)

Самара 2016г.

Введение

Настоящие методические указания предназначены для ознакомления с основами технических измерений.

В первом разделе методических указаний кратко излагаются теоретические основы, связанные с метрологией как наукой об измерениях.

Второй раздел методических указаний посвящен лабораторной работе со штангенинструментом, третий раздел – лабораторной работе с микрометрическим инструментом.

Методически второй и третий разделы представлены так, что каждая лабораторная работа включает в себя следующие основные этапы:

– знакомство с конструкцией и принципом работы средств измерений;

– непосредственный контроль объекта измерения;

– обработку результатов контроля;

– оформление результатов проведенных исследований.

При работе на измерительных приборах проявляйте внимание и аккуратность.

1. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Метрология

Метрология – это научная основа измерительной техники.

Техническими измерениями называются измерения различных физических величин с помощью специальных технических методов и средств.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к техническим измерениям, являются единство и точность измерений.

Единство измерений – такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерения известны с заданной вероятностью.

Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разных местах, в различное время, с помощью разнообразных приборов. Единство измерений обеспечивает взаимозаменяемость изделий, что достигается с помощью Государственной системы измерений (ГСИ). Она предусматривает комплекс взаимосвязанных правил и положений, требований и норм, определяющих организацию и методику проведения работ по оценке и обеспечению точности измерений, результаты которых

используются государственными органами, предприятиями и учреждениями. Основные положения ГСИ регламентируются государственными стандартами.

Основу единства измерений в метрологической службе определяет поверка измерительной техники.

Точность измерений – качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

Метрология в современном понимании – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Слово «метрология» происходит от греческих слов *metron* (мера) и *logos* (понятие).

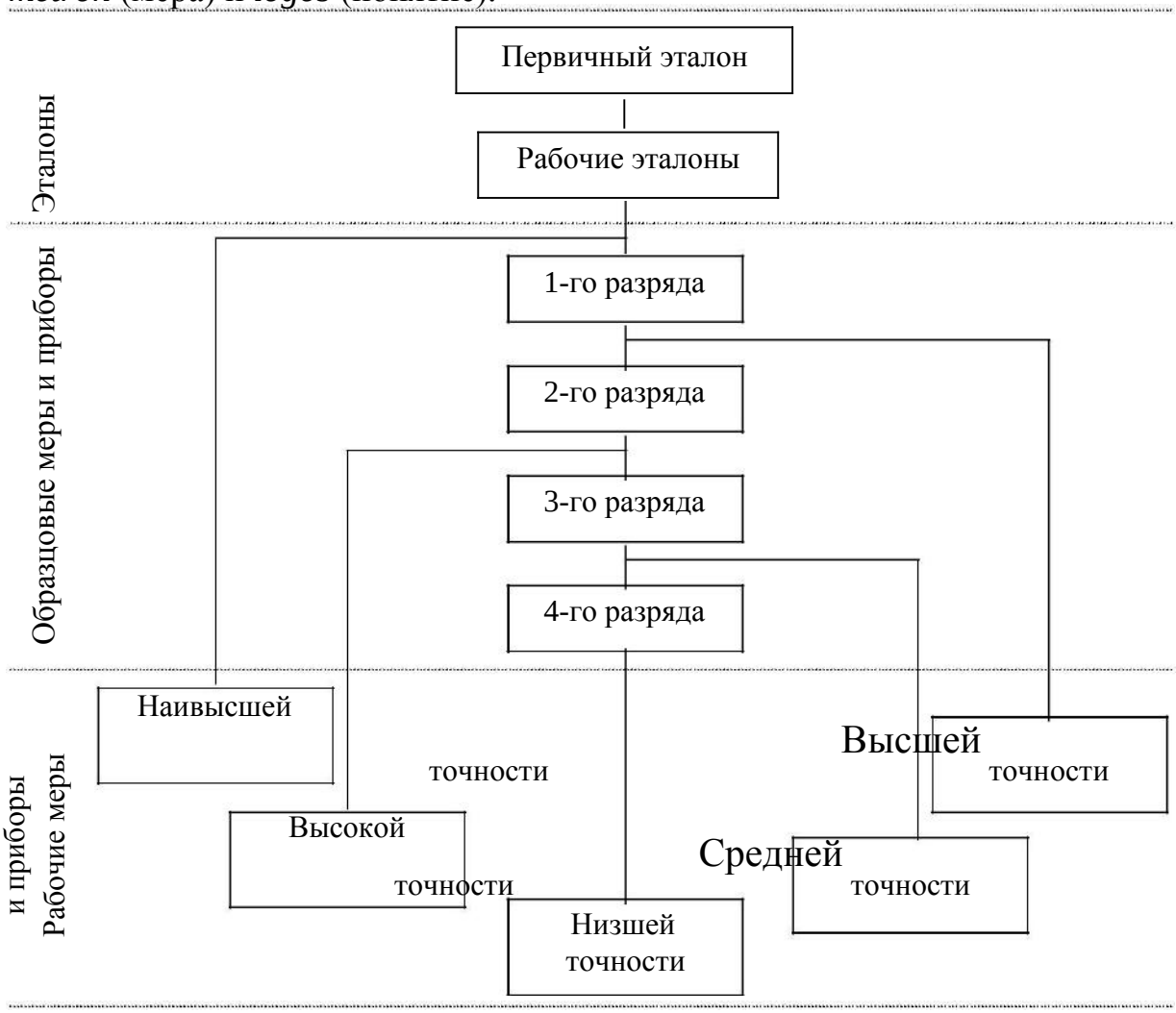

Рис. 1. Схема передачи размеров

Основные задачи метрологии – это развитие общей теории измерений; установление единиц физических величин; разработка методов и средств измерений; способов определения точности измерений; обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений;

установление эталонов и образцовых средств измерений; разработка методов передачи размеров единиц от эталонов и образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

Большую роль в развитии метрологии как науки сыграл великий русский ученый Д. И. Менделеев, под его руководством было положено начало введения в России единства мер. Для введения единообразия в единицах измерений в 1978 г. был утвержден СТ СЭВ 1052-78 «Единицы физических величин» (СИ), который введен в СССР с 1 января 1979 г. как обязательный во всех областях народного хозяйства, науки, техники и при преподавании. Например, в новой системе единиц 1 м выражен в длинах световых волн атома криптона (газа), т. е. связан с естественной (природной) величиной. Теперь «метр» – это длина, равная 1650763,73 длин волн (0,60578021 мкм) в вакууме излучения, соответствующего оранжевой линии спектра криптона 86.

На рис. 1 показана схема передачи размеров единиц физических величин от первичных эталонов рабочим эталонам, от них – разрядным образцовым средствам измерений (СИ) и далее рабочим мерам и измерительным приборам.

1.2. Основные метрологические показатели

Физическая величина – свойство , общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта (длина, масса, электропроводность и т. д.).

Единица физической величины – физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное 1 (масса 1 кг, сила 1 Н, угол 1° и т. д.).

Значение физической величины – оценка физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц (диаметр отверстия 0,01 м, масса тела 93 кг).

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Значение физической величины $X_{ИЗМ}$, полученное при измерении, находят по формуле

$$X_{ИЗМ}=A\cdot U,$$

где A – числовое значение; U – единица физической величины.

Истинное значение – значение физической величины, которое идеальным образом отражает в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта. Так как все физические величины находят опытным путем и их значения содержат ошибки

измерения, то истинное значение физических величин остается неизвестным.

Действительное значение – значение физической величины, найденное опытным путем и настолько приближающееся к истинному, что для определенной цели может быть использовано вместо него.

Погрешность (ошибка) измерения – отклонение результатов измерений от истинного значения измеряемой величины.

Абсолютная погрешность – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины, определяется по формуле

$$\Delta X = X_{ИЗМ} - X,$$

где X – истинное значение измеряемой величины; $X_{ИЗМ}$ – измеренное значение измеряемой величины.

Относительная погрешность измерения – отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению физической величины, которое может выражаться в процентах:

$$\delta X = \Delta X / X.$$

Поскольку истинное значение измеряемой величины остается неизвестным, на практике можно найти лишь приближенную оценку погрешности измерения.

На производстве широко используется более производительная операция измерения – контроль. Контроль качества продукции – проверка соответствия качества продукции установленным требованиям.

1.3. Классификация и методы измерения

По способу получения значений различной величины измерения могут быть прямыми, косвенными, совокупными и совместными.

Прямое измерение – измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных (измерение длины с помощью линейных мер или температуры термометром). Прямые измерения составляют основу более сложных косвенных, совокупных и совместных измерений.

Косвенное измерение – измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям (тригонометрические методы измерения углов, измерение среднего диаметра резьбы методом трех проволочек). Косвенные измерения в ряде случаев позволяют получить более точные результаты, чем прямые измерения.

Совокупные измерения – производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомое значение

величины находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин. Например, измерение, при котором массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.

Совместные измерения – измерения двух или нескольких неодноименных величин, производимые одновременно для нахождения зависимости между ними (измерение, при котором электрическое сопротивление при t = 20 °С и температурные коэффициенты измерительного резистора находят по данным прямых измерений его сопротивления при различных температурах).

Измерения могут быть абсолютными и относительными. Абсолютное измерение – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин.

Относительное измерение – измерение отношения искомой величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или изменение величины по отношению к одноименной, принимаемой за исходную. Они основаны на сравнении измеряемой величины с известным значением меры. Искомую величину при этом находят алгебраическим суммированием размера меры и показаний прибора.

Для повышения точности измерений разработан целый ряд методов. Метод измерений – совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Принципом измерений называют совокупность физических явлений, на которых основаны измерения.

Метод непосредственной оценки заключается в том, что значения величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (измерение давления пружинным манометром, измерение биения индикатором часового типа).

Метод сравнения с мерой – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (измерение масс тела на рычажных весах с уравновешиванием его гирями, измерение длин рычажной скобой с настройкой по концевым мерам длины).

Метод противопоставления – метод сравнения с мерой, в котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения. Например, измерение линейных штриховых мер на компараторе.

Дифференциальный метод – метод сравнения с мерой, в котором на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой (измерение линейных размеров на оптиметрах, оптикаторах, контактных интерферометрах).

Нулевой метод – метод сравнения с мерой, который предполагает, что результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения

доводят до нуля (измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравновешиванием).

Метод замещения – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой (взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов).

Метод совпадений – метод сравнения с мерой, в котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют , используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов. Например, измерение размеров штангенциркулем с нониусом.

Существует два метода контроля: дифференциальный и комплексный. Дифференциальный (поэлементный) метод состоит в независимой проверке каждого параметра изделия в отдельности (контроль среднего диаметра, шага и половины угла профиля резьбы).

Комплексный метод контроля заключается в одновременной проверке суммарной погрешности нескольких параметров (контроль резьбы проходной резьбовой пробкой). Дифференциальный метод позволяет выявить причины брака изделий , а комплексный обеспечивает проверку взаимозаменяемости изделий . Все методы измерений и контроля могут осуществляться контактным или бесконтактным способом.

1.4. Средства измерений

Средства измерений (СИ) – технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства, делятся на меры и измерительные приборы.

Мера – средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера (концевая мера длины, гиря – мера массы). Однозначная мера воспроизводит физическую величину одного размера (концевая мера), а многозначная – ряд одноименных величин различного размера (штриховая мера длины). Специально подобранный комплект мер, применяемых не только в отдельности, но и в различных сочетаниях с целью воспроизведения ряда одноименных величин различного размера, называется набором мер (наборы плоскопараллельных концевых мер длины).

Измерительные приборы – СИ, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

По характеру показаний измерительные приборы делятся на аналоговые, цифровые, показывающие, регистрирующие, самопишущие и печатающие, по принципу действия – на приборы прямого действия,

приборы сравнения, интегрирующие и суммирующие. В машиностроении для линейных и угловых измерений наибольшее применение находят приборы прямого действия и приборы сравнения.

Измерительный прибор прямого действия – прибор, в котором предусмотрено одно или несколько преобразований сигнала измеряемой информации в одном направлении, т. е. без применения обратной связи (амперметр, манометр, термометр и т. д.). Измерительный прибор сравнения предназначен для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно (равноплечие весы, оптиметры, потенциометры).

По назначению измерительные приборы делят на универсальные и специализированные. По конструкции универсальные приборы линейных измерений делят: 1) на штриховые приборы, снабженные нониусом (штангенинструменты); 2) приборы, основанные на применении микрометрических винтовых пар (микрометрические инструменты); 3) рычажно-механические приборы, которые по типу механизма подразделяют на рычажные (миниметры), зубчатые (индикаторы часового типа), рычажно- зубчатые (индикаторы или микромеры), пружинные (микрокаторы и микаторы) и рычажно-пружинные (миникаторы); 4) оптико-механические (оптиметры, длиномеры, измерительные микроскопы и т. д.).

Для специальных линейных и угловых измерений в машиностроении широко применяют приборы, основанные на других принципах работы: пневматические, электрические, оптико-механические с использованием лазерных источников света.

1.5. Метрологические параметры, свойства и погрешности средств измерения

Меры характеризуются номинальным и действительным значениями. Номинальное значение меры – значение величины, указанное на мере или предписанное ей. Действительное значение меры – действительное значение величины, воспроизводимое мерой.

Отсчетное устройство показывающего прибора имеет шкалу и указатель, выполненный в виде материального стержня – стрелки или в виде луча света – светового указателя.

Шкала – часть отсчетного устройства, представляющая собой совокупность отметок и проставленных у некоторых из них чисел отсчета или других символов, соответствующих ряду последовательных значений величины. Промежуток между двумя соседними отметками шкалы называется делением.

Длина деления шкалы – расстояние между осями (или центрами) двух соседних отметок шкалы.

Основные метрологические показатели приборов: цена деления шкалы – разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы; начальное и конечное значения шкалы – наименьшее и наибольшее значения измеряемой величины , указанные на шкале; диапазон показаний – область значений шкалы, ограниченных начальным и конечным значениями шкалы; диапазон измерений – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерения; предел измерений – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерений; чувствительность измерительного прибора – отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к вызвавшему его изменению измеряемой величины. Абсолютную чувствительность прибора S определяют по формуле $S=a/c$, где a – длина деления шкалы; c – цена деления шкалы.

Измерительное усилие прибора – сила, создаваемая прибором при контакте с изделием и действующая по линии измерения. Погрешности СИ возникают в результате воздействия большого числа факторов, обусловленных их изготовлением, хранением, эксплуатацией и условиями проведения измерений.

Абсолютная погрешность меры – разность между номинальным значением меры и истинным значением воспроизводимой ею величины. Абсолютная погрешность измерительного прибора – разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины. Однако в связи с тем, что истинное значение величины неизвестно, на практике вместо него используют действительное значение.

Приведенная погрешность измерительного прибора – отношение абсолютной погрешности прибора к нормируемому значению, за которое принимается значение, равное верхнему пределу измерений, или диапазону измерений, или длине шкалы и др.

Так, для вольтметра с верхним пределом измерений 150 В и абсолютной погрешностью ΔX=0,6 В приведенная погрешность, которую обычно выражают в процентах, составит (0,6/150)·100 %=0,4 % (нормирующее значение в данном случае равно верхнему пределу, т. е. 150 В).

На погрешность СИ большое влияние оказывают условия их изменения. Нормальными условиями применения СИ называют условия, при которых влияющие величины имеют нормальное значение или находятся в пределах нормальной области значений.

Влияющая физическая величина не измеряется данным СИ, но оказывает влияние на результаты измерений этим средством. К влияющим

величинам относятся: температура, давление, влажность, запыленность, вибрация и т. д.

Нормальные значения основных влияющих величин для линейных и угловых измерений равны: температура 273,15 °С (20 °С), атмосферное давление 101324,72 Па (760 мм рт. ст.), относительная влажность 58 %.

Погрешность СИ, используемых при нормальных условиях, называется основной погрешностью.

Дополнительной погрешностью СИ является изменение действительного значения меры или показания прибора при отклонении одной из влияющих величин за пределы, установленные для нормального значения или для нормальной области значений.

Класс точности СИ – обобщенная характеристика СИ, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами СИ, влияющими на их точность.

Точность СИ – качество СИ, отражающее близость к нулю его погрешностей.

1.6. Метрологические процессы

Метрологические процессы обеспечивают сохранение точности СИ при эксплуатации.

Поверка – определение метрологическим органом погрешностей СИ и установление его пригодности к применению.

Метрологическая аттестация – исследование СИ, выполняемое метрологическим органом для определения метрологических свойств этого СИ и выдача документа с указанием полученных данных.

Градуировка – определение градуировочной характеристики СИ, под которой понимается зависимость между значениями величин на выходе и входе СИ, составленная в виде таблицы, графика и формулы.

Юстировка – совокупность операций по доведению погрешностей СИ до значений, соответствующих техническим требованиям.

Ревизия – проверка состояния СИ и выполнения правил их применения, проводимая органом Государственной метрологической службы.

1.7. Погрешности измерений

Погрешность измерения является результатом наложения элементарных ошибок, вызываемых различными причинами. Ниже приведены отдельные составляющие суммарной погрешности измерений.

Инструментальная погрешность измерения определяется погрешностью применяемых СИ – измерительных приборов и мер.

Погрешность отсчитывания возникает из-за недостаточно точного отсчитывания показаний прибора. Погрешность интерполяции при отсчитывании происходит от недостаточно точной оценки на глаз доли деления шкалы, соответствующей положению указателя.

Погрешность от параллакса возникает вследствие визирования (наблюдения) стрелки, расположенной на некотором расстоянии от поверхности шкалы в направлении, не перпендикулярном ей.

Погрешность от перекоса возникает в приборах, в конструкции которых не соблюден принцип Аббе, состоящий в том, что линия измерения должна являться продолжением линии шкалы.

Внешние ошибки возникают из-за отклонения условий измерения от нормальных. Например, отклонение температуры от нормального значения 20 °С ведет к изменению длины деталей, измерительных средств и изделий.

Погрешности измерений от измерительного усилия возникают из-за контактных деформаций поверхностей в месте соприкосновения поверхностей измерительного средства и изделия.

Ошибки объекта происходят из-за отклонений формы изделия от правильной геометрической формы, шероховатости поверхности, изменения размеров в результате старения материалов и т. д.

Погрешность метода измерения обусловлена его несовершенством, например, неправильно выбранной схемой базирования (установки) изделия, последовательностью проведения измерений. Рассмотренные выше причины вызывают появление систематических и случайных погрешностей, а также приводят к грубым погрешностям измерений.

Систематическая погрешность – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных изменениях одной и той же величины. Может быть изучена опытным путем и исключена из результатов измерений.

Поправка – значение величины, одноименной с измеряемой, прибавляемое к полученному при измерениях значению с целью исключения систематической погрешности.

Случайная погрешность – составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины, например погрешности округления или отсчитывания показаний прибора. Их влияние можно уменьшить путем многократных повторных измерений одной величины и обработкой опытных данных.

Грубая погрешность измерения – погрешность измерения, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях

погрешность. Результаты измерений, содержащие грубые погрешности, исключают как недостоверные.

Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм, в зависимости от допусков и номинальных размеров изделий установлены ГОСТ 8051–73. Предел допускаемой погрешности измерения учитывает влияние погрешности измерительных средств, установочных мер, температурных деформаций, метода измерений и т. д.

Средства измерения выбирают таким образом, чтобы их допускаемая погрешность в заранее установленных условиях применения не превышала допускаемой погрешности измерения, которая для линейных размеров устанавливается ГОСТ 8051–73.

Основные факторы, влияющие на выбор СИ, – это размер и квалитет (класс точности) измеряемого изделия, допускаемая погрешность СИ, условие и метод использования СИ.

1.8. Понятие об эталонах, образцовых и рабочих СИ

Воспроизведение, хранение и передача размеров единиц осуществляется с помощью эталонов и образцовых СИ. Эталон – средство измерений, обеспечивающее воспроизведение и хранение единицы физической величины с целью передачи размера единицы образцовым, а от них рабочим СИ и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

По метрологическому назначению эталоны делятся на первичные и вторичные.

Первичный эталон – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране точностью. В особых условиях первичный эталон заменяется специальным.

Специальный эталон – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы в особых условиях и заменяющий для этих условий первичный эталон. Первичный, или специальный эталон, официально утвержденный в качестве исходного для страны, называется государственным. Эталоны, значения которых установлены по первичному эталону, называются вторичными. Они создаются и утверждаются для организации поверочных работ и для обеспечения сохранности и наименьшего износа государственного эталона, подразделяются на эталоны-копии, эталоны сравнения, эталоны-свидетели и рабочие эталоны.

Эталон-свидетель – вторичный эталон, применяется для проверки сохранности государственного и для замены его в случае порчи или утраты, т. е. применяется лишь тогда, когда государственный эталон является невоспроизводимым.

Эталон сравнения – вторичный эталон, применяется для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть сличаемы друг с другом.

Эталон-копия – вторичный эталон, предназначенный для хранения единицы и передачи ее размера рабочим эталонам.

Рабочий эталон – эталон, применяемый для хранения единицы и передачи ее размера образцовым СИ высшей точности и в отдельных случаях наиболее точным рабочим СИ.

При передаче размеров единицы измерения от эталонов к рабочим СИ в качестве промежуточного звена используются образцовые средства измерений. Без системы образцовых СИ невозможно обеспечить единство измерений в стране. Они предназначены для поверки по ним других СИ как рабочих, так и образцовых менее высокой точности.

Образцовое СИ – мера, измерительный прибор или измерительный преобразователь, предназначенные для поверки и градуировки по ним других СИ и утвержденные в качестве образцовых. Они должны быть метрологически аттестованы и иметь свидетельства с указанием метрологических параметров и разряда, подразделяться на исходные и подчиненные.

Рабочее СИ – средство измерений, применяемое для измерений, не связанных с передачей размеров, т. е. служащее тем или иным конкретным целям в деятельности человека.

Сущность разделения СИ на образцовые и рабочие лежит не в конструкции и не в точности, а в их назначении. Одно и то же СИ может быть предназначено для практических измерений как в качестве рабочего, так и в качестве образцового (в качестве средства поверки и градуировки). Лишь немногие образцовые СИ отличаются по конструкции и некоторым метрологическим характеристикам от рабочих СИ. Но если СИ предназначаются для применения в качестве образцовых, они ставятся как бы в особое положение, изолируются от любых других измерений, кроме проводимых в целях поверки и градуировки. Для образцового СИ не так важно, насколько велика поправка к его показаниям, как важна стабильность и воспроизводимость его показаний, т . е. к образцовым СИ предъявляют более высокие требования в отношении воспроизводимости и стабильности, чем к аналогичным рабочим СИ.

Воспроизводимость показаний – качество измерения, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях по времени, месту, методам.

Запрещение применять образцовые СИ для практических измерений является одним из важнейших правил метрологии. Приведенная на рис. 1 схема иллюстрирует это правило. Каким бы точным не было СИ, применяемое для практических измерений, оно не применяется для

поверки других СИ, так как поверяется по образцовым СИ, имеющим более высокую точность.

К рабочим СИ предъявляются свои специфические требования, связанные с условиями их применения.

Научно-техническую сторону передачи размеров от эталона до изделия обеспечивают поверочные схемы.

Поверочная схема – утвержденный в установленном порядке документ, определяющий средства, методы и точность передачи размера единицы от эталона или исходного образцового СИ рабочим средствам измерения.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТ»

Цель работы

1. Ознакомление с конструкцией и принципом работы штангенинструмента.
2. Измерение геометрических параметров детали.
3. Проведение анализа на соответствие контролируемых поверхностей детали условиям взаимозаменяемости по геометрическим параметрам.
4. Выводы.

2.1. Общие сведения

Штангенинструменты являются простейшими и наиболее распространенными универсальными измерительными инструментами. Они применяются для абсолютных измерений размеров при станочных, слесарных, инструментальных работах, а также для воспроизведения размеров при разметке деталей.

К штангенинструментам относятся:

1. Штангенциркули.
2. Штангенглубиномеры.
3. Штангенрейсмасы.
4. Штангензубомеры.

2.2. Нониусное отсчетное устройство

Устройство штангенинструментов основано на применении нониуса. *Нониус* – вспомогательная равномерная шкала с пределом измерений, равным цене деления основной шкалы, служащая для повышения точности отсчета дробных делений по основной шкале.

Цена деления нониуса c (отсчет по нониусу) равна цене деления основной шкалы a, разделенной на число делений нониуса n, т. е.

$$c=a/n.$$

Интервал деления b нониуса принимают кратным интервалу деления основной шкалы и определяют как

$$b = \gamma \cdot a - c = a \cdot (\gamma \cdot n - 1)/n,$$

где γ –модуль нониуса, характеризующий растянутость нониуса относительно основной шкалы.

Длина нониуса

$$l_H = n \cdot b = a \cdot (\gamma \cdot n - 1).$$

Стандарты предусматривают выпуск штангенинструментов с точностью отсчета по нониусу: 0,1; 0,05; 0,02 мм.

На рис. 2 показаны нониусы с ценой деления 0,1 мм (рис. 2, *а*) и 0,05 мм (рис. 2, *б*).

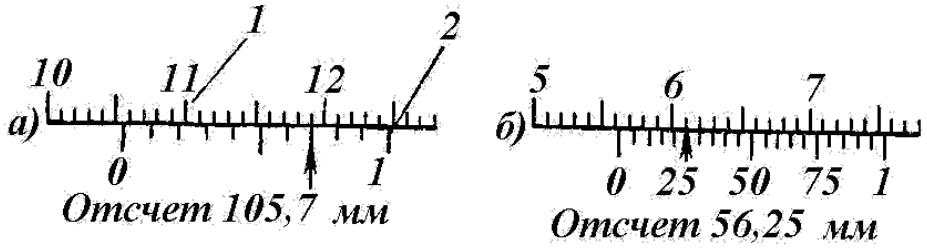

Рис. 2. Примеры отсчета размеров по нониусу штангенинструмента:
1 – основная шкала; *2* – шкала нониуса

По порядковому номеру совпадающих штрихов (на рис. 2 показаны стрелками) отсчитывают дробные доли деления основной шкалы.

Отсчет измеряемого размера A выполняют по формуле

$$A=n_1a+ n_2c,$$

где a и n_1 – цена деления и число целых делений основной шкалы, пройденных нулевым штрихом нониуса; c и n_2 – цена деления и порядковый номер штриха нониуса, совпадающего со штрихом основной шкалы.

Так, для примера отсчета, показанного на рис. 2, *б*, A=56·1+5·0,05=56,25 мм. Обратите внимание на то, что цифры над основной шкалой указывают количество сантиметров, в то время как отсчет измеряемых размеров ведется в миллиметрах.

Цена деления шкалы нониуса штангенинструмента, как правило, указывается на инструменте. Погрешность штангенинструментов при измерении размеров до 1000 мм составляет ±0,1 мм.

2.3. Типы и конструкции штангенциркулей

Штангенциркули применяют при станочных, слесарных, инструментальных работах и при техническом контроле для измерения наружных и внутренних размеров деталей и разметки. Конструктивно штангенциркули различают по длине, форме губок и подвижной рамки и точности.

Штангенциркуль (рис. 3) состоит из штанги *1* с губками *2* и *10*. По штанге перемещается рамка *4* с губками *3* и *9* . На основной линейке-штанге нанесены миллиметровые деления, а на подвижной рамке находится вспомогательная шкала – нониус.

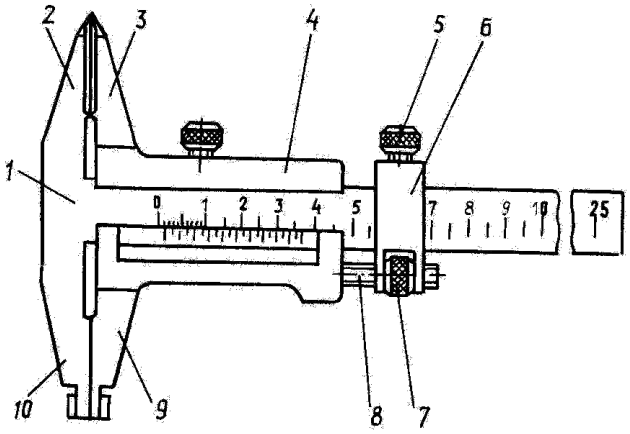

Рис. 3. Устройство штангенциркуля

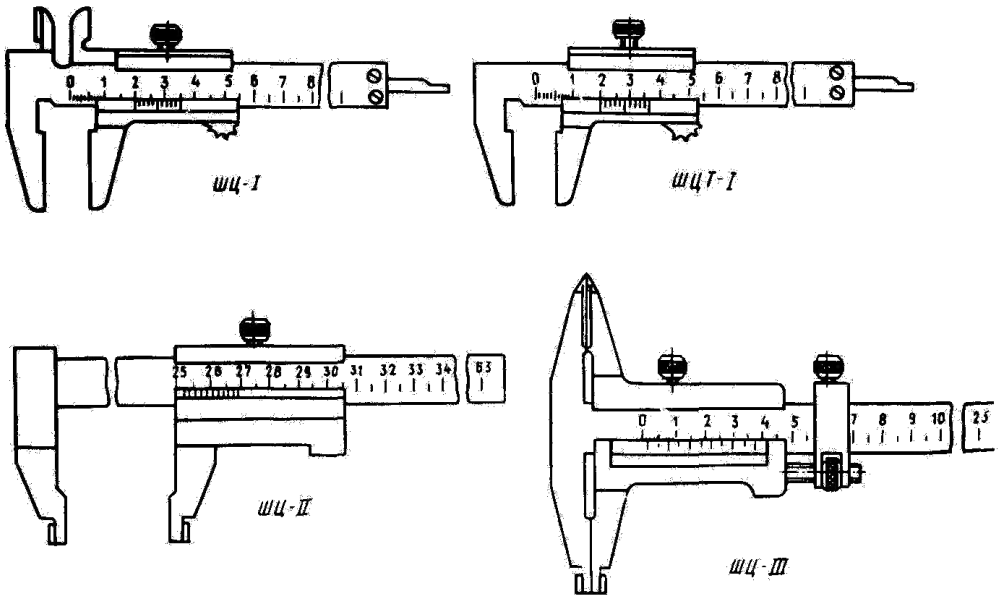

Рис. 4. Типы штангенциркулей

Измеряемый размер определяется по расстоянию между измерительными губками, которые имеют плоские измерительные поверхности небольшой ширины. Остальные элементы конструкции имеют вспомогательный характер, с их помощью облегчается использование штангенциркуля или расширяется область его применения. Для точной установки подвижной рамки *4* в ряде конструкций есть устройство для ее микрометрической подачи. Оно состоит из вспомогательной рамки *6* и винта *8* с гайкой микрометрической подачи *7*. Подачу рамки осуществляют плавно, без больших усилий. Винт *5* служит для зажима вспомогательной рамки при установке на штангенциркуле размера для разметки.

Штангенциркули выпускаются четырех типов: ШЦ-1, ШЦТ-1 (ШЦ-1 – без верхних губок и с нижними губками, оснащенными твердым сплавом) ШЦ-2 и ШЦ-3 (ШЦ-2 без верхних губок) (рис. 4).

2.4. Штангенглубиномеры

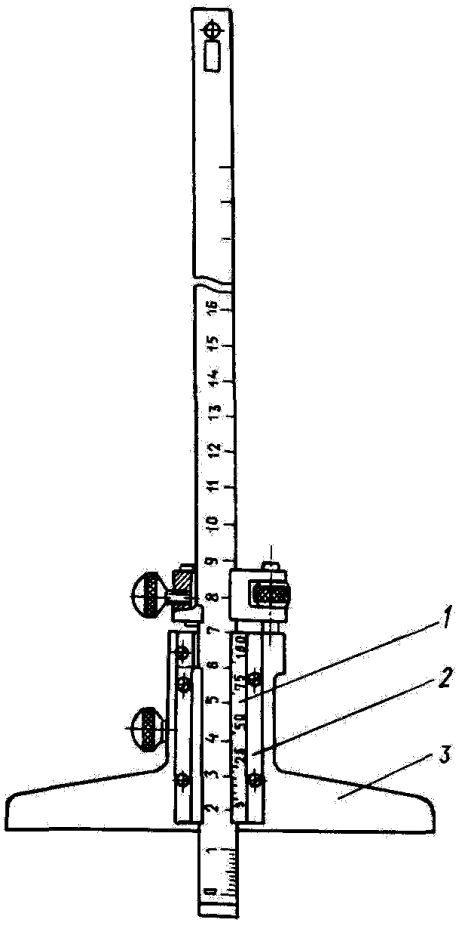

Рис. 5. Штангенглубиномер

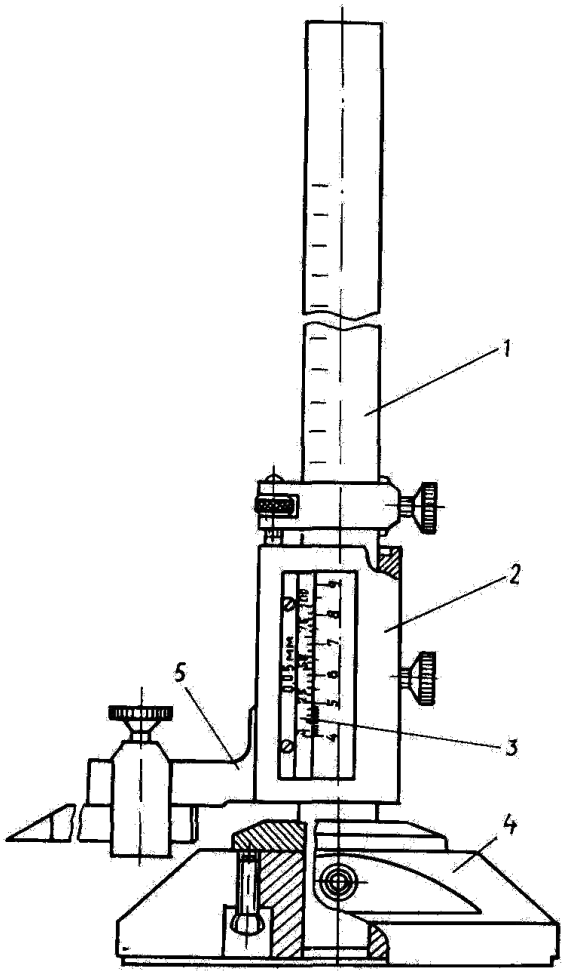

Рис. 6. Штангенрейсмас

Штангенглубиномеры предназначены для измерения глубины и высоты изделий, расстояний до буртиков и уступов.

В отличие от штангенциркуля в конструкции штангенглубиномера вместо подвижной губки на рамке *2*, имеющей нониус *1*, сделана траверса *3*, являющаяся базой (основанием) для измерения глубины (рис. 5).

2.5. Штангенрейсмасы

Штангенрейсмасы предназначены для разметки изделий, в отдельных случаях могут использоваться для измерения высот. В конструкции штангенрейсмаса (рис. 6) вместо неподвижной губки штангенциркуля имеется основание *4*, с помощью которого штангенрейсмас устанавливается на плите. Рамка *2* с нониусом *3* имеет державку *5* для крепления сменных устройств. При разметке с помощью рейсмаса по шкале *1* и нониусу *3* устанавливают необходимый размер. Потом весь штангенрейсмас перемещают по плите, одновременно прижимая основанием к плите, а разметочной ножкой – к детали.

2.6. Штангензубомеры

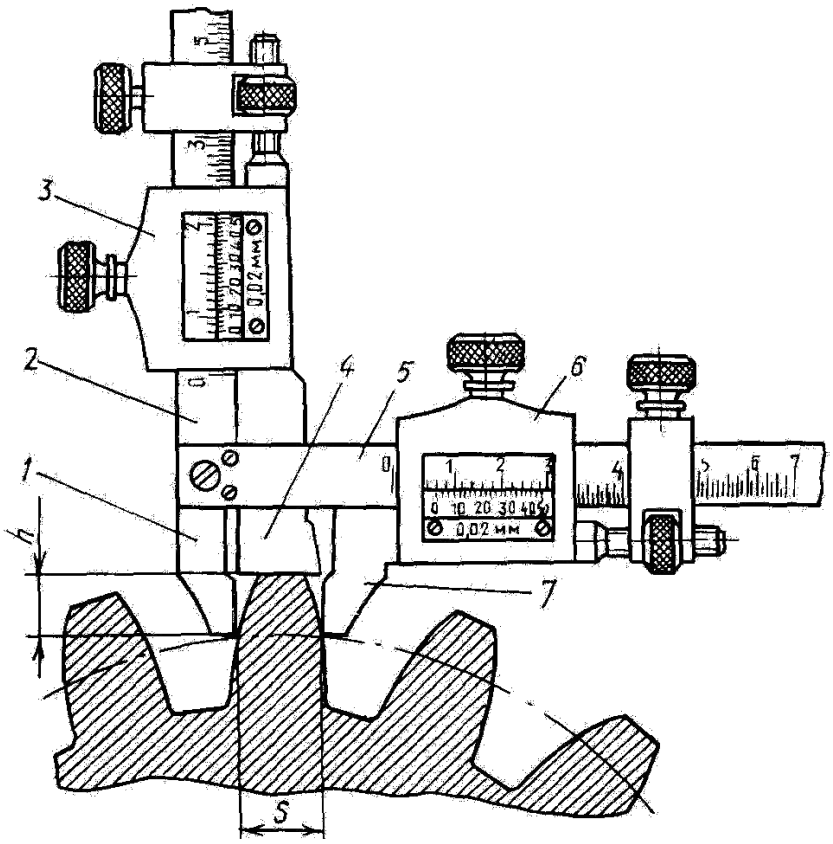

Рис. 7. Штангензубомер

Штангензубомеры – это приборы для определения толщины зубьев цилиндрических зубчатых колес по постоянной хорде (рис. 7).

Штангензубомер состоит из двух взаимно перпендикулярных линеек *2* и *5*. Линейка *2* имеет неподвижную губку *1*, имеющую измерительную плоскость. По линейке *5* с нанесенной шкалой перемещаются рамка *6* и подвижная губка *7*, представляющая вторую измерительную плоскость. По вертикальной линейке перемещается рамка *3* с упором *4*, определяющим высоту до хорды зуба. Перед измерением упор *4* по нониусу рамки *3* устанавливают на размер, соответствующий высоте *h*, на которой предполагается измерять длину хорды *S* зуба, и закрепляют в этом положении. Затем измерительные губки *1* и *7* сводятся до касания с профилем зуба колеса и производится измерение. Длину измеряемой хорды отсчитывают непосредственно по нониусу рамки *6* штангензубомера.

Невысокая точность измерения штангензубомером связана с базированием прибора по окружности выступов, которая может располагаться эксцентрично начальной окружности зубчатого колеса, а также с наличием кромочного контакта измерительных губок с поверхностью зубьев.

2.7. Порядок выполнения работы

1. Изучить общие сведения о метрологии и технических измерениях (см. п. 1.1 – 1.8).

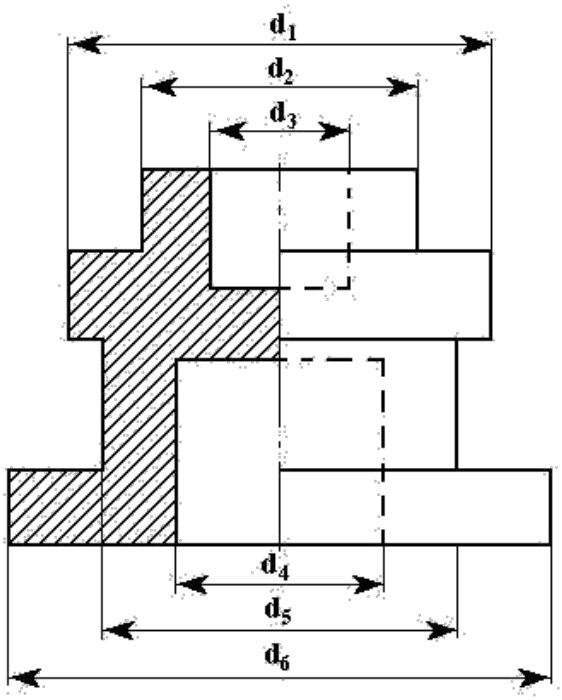

Рис. 8. Эскиз детали

2. Изучить основные виды штангенинструментов, устройство нониуса, конструкцию и назначение штангенинструментов (см. п. 2.1 – 2.6). Законспектировать назначение всех видов штангенинструментов.

3. Определить и записать метрологические показатели используемого в лабораторной работе штангенинструмента: а) пределы измерения, мм; б) цену деления *a* основной шкалы, мм; в) цену деления *c* шкалы нониуса, мм; г) интервал деления *b* нониуса, мм; д) длину нониуса l_H, мм.

Модуль нониуса штангенциркулей, используемых при выполнении лабораторной работы, γ=2.

4. Дать эскиз детали с указанием на нем диаметральных размеров $d_1 ... d_6$, подлежащих измерениям (рис. 8).

5. Записать в отчете в виде столбца номинальные значения всех шести измеряемых размеров детали d_{1H}, d_{2H}, ..., d_{6H}, вместе с полями допусков (латинская буква с цифрой после нее).

Например:

d_{1H}=50 h9;
d_{2H}=80 s7;
.....
d_{6H}=45 r6.

Эти чертежные (заданные) значения размеров берутся из табл. 1 исходных данных. Номер варианта указан на торцевой поверхности детали.

Т а б л и ц а 1 . **Чертежные (заданные) значения размеров с полями допусков, мм**

№ варианта	**d_1**	**d_2**	**d_3**	**d_4**	**d_5**	**d_6**
1	49 d9	29 u7	20 H7	30 H11	40 d8	59 c8
2	55 h8	35 s7	25 H9	35 H10	45 h9	65 h12
3	60 h10	40 x8	30 H10	40 H9	50 d10	70 e8
4	65 h11	45 z8	35 H11	45 H7	55 d10	73 f8
5	60 b12	40 r6	30 H9	40 H9	50 h10	70 d10

6. Определить и записать в миллиметрах значения верхнего es (ES) и нижнего ei (EI) предельных отклонений для каждого размера по табл. 2. Предельные значения отклонений определяются полем допуска и номинальным значением каждого размера.

Т а б л и ц а 2 . **Предельные отклонения для некоторых полей допусков, мкм**

Номинальные размеры, мм	Поля допусков								
	H4	**H5**	**H6**	**H7**	**H8**	**H9**	**H10**	**H11**	**H12**
От 1 до 3	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0
Св. 3 до 6	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0
Св. 6 до 10	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0
Св. 10 до 18	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0
Св. 18 до 30	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0
Св. 30 до 50	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0
Св. 50 до 80	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0
Св. 80 до 120	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0

Продолжение т а б л . 2

Номинальные размеры, мм	Поля допусков									
	r6	**s6**	**f7**	**s7**	**u7**	**c8**	**d8**	**e8**	**f8**	**h8**
От 1 до 3	+16 +10	+20 +14	–6 –16	+24 +14	+28 +18	–60 –74	–20 –34	–14 –28	–6 –20	0 –14
Св. 3 до 6	+23 +15	+27 +19	–10 –22	+31 +19	+35 +23	–70 –88	–30 –48	–20 –38	–10 –28	0 –18
Св. 6 до 10	+28 +19	+32 +23	–13 –28	+38 +23	+43 +28	–80 –102	–40 –62	–25 –47	–13 –35	0 –22
Св. 10 до 14	+34 +23	+39 +28	–16 –34	+46 +28	+51 +33	–95 –122	–50 –77	–32 –59	–16 –43	0 –27
Св. 14 до 18	+34 +23	+39 +28	–16 –34	+46 +28	+51 +33	–95 –122	–50 –77	–32 –59	–16 –43	0 –27
Св. 18 до 24	+41 +28	+48 +35	–20 –41	+56 +35	+62 +41	–110 –143	–65 –98	–40 –73	–20 –53	0 –33
Св. 24 до 30	+41 +28	+48 +35	–20 –41	+56 +35	+69 +48	–110 –143	–65 –98	–40 –73	–20 –53	0 –33
Св. 30 до 40	+50 +34	+59 +43	–25 –50	+68 +43	+85 +60	–120 –159	–80 –119	–50 –89	–25 –64	0 –39
Св. 40 до 50	+50 +34	+59 +43	–25 –50	+68 +43	+95 +70	–130 –169	–80 –119	–50 –89	–25 –64	0 –39
Св. 50 до 65	+60 +41	+72 +53	–30 –60	+83 +53	+117 +87	–140 –186	–100 –146	–60 –106	–30 –76	0 –46
Св. 65 до 80	+62 +43	+78 +59	–30 –60	+89 +59	+132 +102	–150 –196	–100 –146	–60 –106	–30 –76	0 –46
Св. 80 до 100	+73 +51	+93 +71	–36 –71	+106 +71	+159 +124	–170 –224	–120 –174	–72 –126	–36 –90	0 –54
Св. 100 до 120	+76 +54	+101 +79	–36 –71	+114 +79	+179 +144	–180 –234	–120 –174	–72 –126	–36 –90	0 –54

Продолжение т а б л . 2

Номинальные размеры, мм	Поля допусков								
	u8	**x8**	**z8**	**d9**	**e9**	**f9**	**h9**	**d10**	**h10**
От 1 до 3	+38 +18	+34 +20	+40 +26	–20 –45	–14 –39	–6 –31	0 –25	–20 –60	0 –40
Св. 3 до 6	+41 +23	+46 +28	+53 +35	–30 –60	–20 –50	–10 –40	0 –30	–30 –78	0 –48
Св. 6 до 10	+50 +28	+56 +34	+64 +42	–40 –76	–25 –61	–13 –49	0 –36	–40 –98	0 –58
Св. 10 до 14	+60 +33	+67 +40	+77 +50	–50 –93	–32 –75	–16 –59	0 –43	–50 –120	0 –70
Св. 14 до 18	+60 +33	+72 +45	+87 +60	–50 –93	–32 –75	–16 –59	0 –43	–50 –120	0 –70
Св. 18 до 24	+74 +41	+87 +54	+106 +73	–65 –117	–40 –92	–20 –72	0 –52	–65 –149	0 –84
Св. 24 до 30	+81 +48	+97 +64	+121 +88	–65 –117	–40 –92	–20 –72	0 –52	–65 –149	0 –84

Продолжение т а б л . 2

Номинальные размеры, мм	Поля допусков								
	u8	**x8**	**z8**	**d9**	**e9**	**f9**	**h9**	**d10**	**h10**
Св. 30 до 40	+99 +60	+119 +80	+151 +112	–80 –142	–50 –112	–25 –87	0 –62	–80 –180	0 –100
Св. 40 до 50	+109 +70	+136 +97	+175 +136	–80 –142	–50 –112	–25 –87	0 –62	–80 –180	0 –100
Св. 50 до 65	+133 +87	+168 +122	+218 +172	–100 –174	–60 –134	–30 –104	0 –74	–100 –220	0 –120
Св. 65 до 80	+148 +102	+192 +146	+256 +210	–100 –174	–60 –134	–30 –104	0 –74	–100 –220	0 –120
Св. 80 до 100	+178 +124	+232 +178	+312 +258	–120 –207	–72 –159	–36 –123	0 –87	–120 –260	0 –140
Св. 100 до 120	+198 +144	+264 +210	+364 +310	–120 –207	–72 –159	–36 –123	0 –87	–120 –260	0 –140

Окончание т а б л . 2

Номинальные размеры, мм	Поля допусков					
	b11	**c11**	**d11**	**h11**	**b12**	**h12**
От 1 до 3	–140 –200	–60 –120	–20 –80	0 –60	–140 –240	0 –100
Св. 3 до 6	–140 –215	–70 –145	–30 –105	0 –75	–140 –260	0 –120
Св. 6 до 10	–150 –240	–80 –170	–40 –130	0 –90	–150 –300	0 –150
Св. 10 до 14	–150 –260	–95 –205	–50 –160	0 –110	–150 –330	0 –180
Св. 14 до 18	–150 –260	–95 –205	–50 –160	0 –110	–150 –330	0 –180
Св. 18 до 24	–160 –290	–110 –240	–65 –195	0 –130	–160 –370	0 –210
Св. 24 до 30	–160 –290	–110 –240	–65 –195	0 –130	–160 –370	0 –210
Св. 30 до 40	–170 –330	–120 –280	–80 –240	0 –160	–170 –420	0 –250
Св. 40 до 50	–180 –340	–130 –290	–80 –240	0 –160	–180 –430	0 –250
Св. 50 до 65	–190 –380	–140 –330	–100 –190	0 –190	–190 –490	0 –300
Св. 65 до 80	–200 –390	–150 –340	–100 –190	0 –190	–200 –500	0 –300
Св. 80 до 100	–220 –440	–170 –390	–120 –340	0 –220	–220 –570	0 –350
Св. 100 до 120	–240 –460	–180 –400	–120 –340	0 –220	–240 –590	0 –350

Например, для номинального значения размера с полем допуска d_{1H}=50 h9 верхнее предельное отклонение равно es=0 мкм, нижнее равно ei=62 мкм (см. табл. 2). В миллиметрах запишем: $d_1 = 50\ h9\ ^{0}_{-0,062}$.

Если номинальный размер в табл. 2 находится на границе двух интервалов, необходимо выбрать интервал, включающий размер до номинального . Например , при номинальном размере 10 мм в табл. 2 есть интервалы св. 6 до 10 мм и св. 10 до 14 мм. Необходимо взять интервал св. 6 до 10 мм.

7. Измерить штангенциркулем каждый диаметр детали три раза, поворачивая деталь вокруг ее оси вращения на угол 60° после каждого измерения. Три результата измерения каждого диаметра записываются в одну строку, например: 50,05; 49,9; 50,0.

Т а б л и ц а 3 . **Предельные погрешности ряда штриховых средств измерения линейных величин ±Δlim, мкм**

Средства измерения	Интервалы размеров, мм				
	От 1 до 10	Св. 10 до 50	Св. 50 до 80	Св 80 до 120	Св. 120 до 180
Штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,05 мм: при измерении вала при измерении отверстия	80 150	80 150	90 170	100 170	100 200
Штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,1 мм: при измерении вала при измерении отверстия	150 200	150 200	160 230	170 230	190 300
Штангенглубиномер с отсчетом по нониусу 0,05 мм	100	100	150	150	150
Штангенглубиномер с отсчетом по нониусу 0,1 мм	200	250	300	300	300

8. Осреднить результаты измерений по каждому размеру (найти среднее арифметическое для трех измерений каждого диаметра). Полученные значения будут являться приборными значениями размеров $d_{ПР\_1}$, $d_{ПР\_2}$, ..., $d_{ПР\_6}$.

9. Записать результаты измерений с учетом погрешностей (в мм):

$$d_{1\_Д} = d_{ПР\_1} \pm \Delta_{\Sigma 1} \pm \Delta lim_1,$$
$$d_{2\_Д} = d_{ПР\_2} \pm \Delta_{\Sigma 2} \pm \Delta lim_2,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$d_{6\_Д} = d_{ПР\_6} \pm \Delta_{\Sigma 6} \pm \Delta lim_6,$$

где $d_{1\_Д}$, $d_{2\_Д}$, ..., $d_{6\_Д}$ – действительные размеры с учетом погрешностей; $d_{ПР\_1}$, $d_{ПР\_2}$, ..., $d_{ПР\_6}$ – размеры, полученные по показаниям инструмента (средние арифметические для трех измерений каждого диаметра); $\Delta_{\Sigma 1}$, $\Delta_{\Sigma 2}$, ..., $\Delta_{\Sigma 6}$ – допускаемые при измерении погрешности (определяются из табл. 4); Δlim_1, Δlim_2, ..., Δlim_6 – предельные погрешности средства измерения (определяются из табл. 3).

Т а б л и ц а 4 . **Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров ±Δ$_\Sigma$, мкм**

Квалитеты	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
5	1,4	1,6	2	2,8	3	4	4	5
6	1,8	2	2	3	4	5	5	6
7	3	3	4	5	6	7	9	10
8	3	4	5	7	8	10	12	12
9	6	8	9	10	12	16	18	20
10	8	10	12	14	18	20	30	30
11	12	16	18	30	30	40	40	50
12	20	30	30	40	50	50	60	70

Например, пусть для размера d_1 исходные данные: d_{1H}=50 h9. В результате измерений приборное значение размера получилось равным $d_{ПР\_1}$=(50,05+49,9+50,0)/3 =49,98 мм (промежуточные результаты необходимо округлять до двух знаков после запятой). При измерении штангенциркулем с отсчетом по нониусу 0,1 мм данного диаметра вала, согласно табл. 3 предельная погрешность средства измерения будет равна Δlim_1 = 150 мкм = 0,150 мм. Допускаемая при измерении данного линейного размера погрешность по табл. 4 будет равна $\Delta_{\Sigma 1}$ = 16 мкм = 0,016 мм. Тогда результат измерений этого размера с учетом погрешностей запишется так: $d_{1\_Д}$= 49,98±0,016±0,15 мм.

10. Определить значения действительного максимального и действительного минимального размеров с учетом погрешностей для каждого из шести диаметров детали:

$$d_{1\_Д\_max}= d_{ПР\_1}+\Delta_{\Sigma 1}+\Delta lim_1; \quad d_{1\_Д\_min}= d_{ПР\_1}-\Delta_{\Sigma 1}-\Delta lim_1;$$
$$d_{2\_Д\_max}= d_{ПР\_2}+\Delta_{\Sigma 2}+\Delta lim_2; \quad d_{2\_Д\_min}= d_{ПР\_2}-\Delta_{\Sigma 2}-\Delta lim_2;$$
.....
$$d_{6\_Д\_max}= d_{ПР\_6}+\Delta_{\Sigma 6}+\Delta lim_6; \quad d_{6\_Д\_min}= d_{ПР\_6}-\Delta_{\Sigma 6}-\Delta lim_6.$$

Для рассматриваемого выше примера

$$d_{1\_Д\_max}= 49,98+0,016+0,15=50,15 \text{ мм};$$
$$d_{1\_Д\_min}= 49,98-0,016-0,15= 49,81 \text{ мм}.$$

Это означает, что действительное значение диаметра d_1 находится между $d_{1\_Д\_max}$ и $d_{1\_Д\_min}$, то есть в данном примере между 50,15 и 49,81 мм.

11. По номинальным (заданным по табл. 1) значениям размеров (см. п. 5) и предельным отклонениям каждого размера (см. п. 6) определить значения предельного максимального и предельного минимального размеров для каждого из шести диаметров детали:

$$d_{1\_П\_max} = d_{1Н} + es; \qquad d_{1\_П\_min} = d_{1Н} + ei;$$
$$d_{2\_П\_max} = d_{2Н} + es; \qquad d_{2\_П\_min} = d_{2Н} + ei;$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$d_{6\_П\_max} = d_{6Н} + es; \qquad d_{6\_П\_min} = d_{6Н} + ei.$$

Для рассматриваемого выше примера

$d_{1\ П\ max} = 50+0 = 50$ мм; $\qquad d_{1\ П\ min} = 50+(-0{,}062) = 49{,}938$ мм.

Это означает, что истинное значение диаметра d_1 должно по требованиям чертежа находиться между $d_{1\_П\_max}$ и $d_{1\_П\_min}$, то есть в данном примере между 50,00 и 49,938 мм.

12. Изобразить графически действительные и предельные размеры (действительное и заданное предельное поля допусков) для каждого диаметра детали. Масштаб для схемы расположения полей допусков принять равным: в 1 см схемы 0,1 мм размера.

Действительное и заданное (предельное) поля допусков изображаются в масштабе относительно нулевой линии. Нулевая линия – это линия, соответствующая номинальному размеру и служащая началом отсчета предельных отклонений размера.

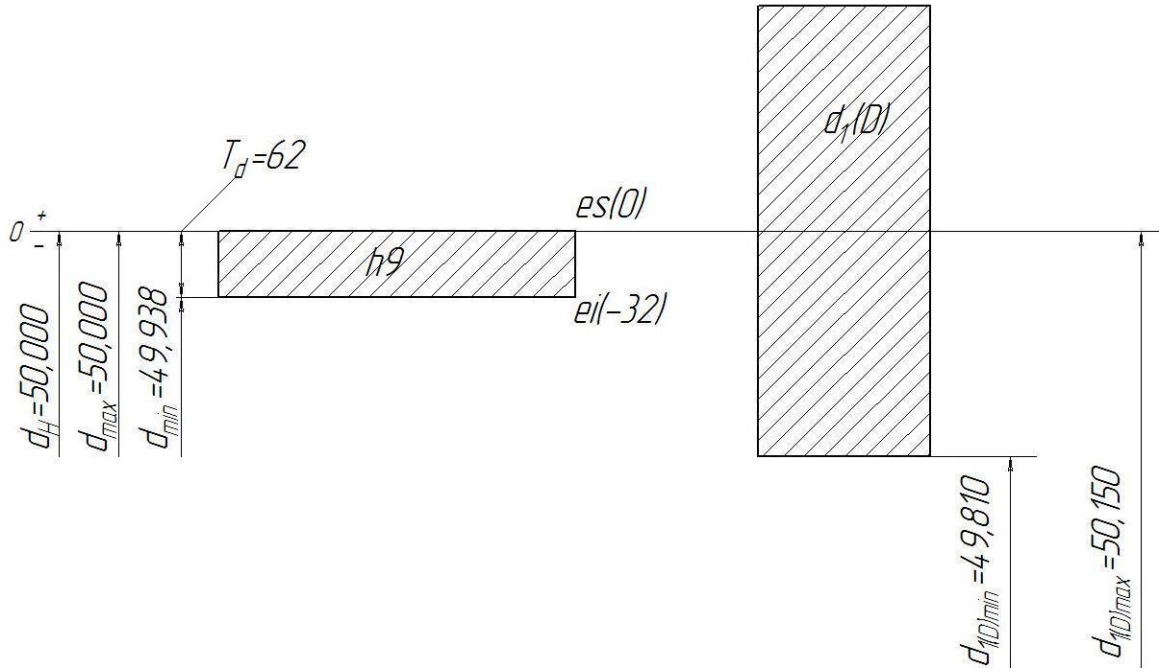

Рис. 9. Пример схемы расположения предельного (слева) и действительного (справа) полей допусков отдельного размера

Если какой-либо размер меньше номинального, он будет на схеме располагаться ниже нулевой линии, если больше номинального – выше нулевой линии.

Для рассматриваемого примера схема расположения полей допусков диаметра d_1 будет иметь вид, приведенный на рис. 9.

Слева на рис. 9 изображено заданное (предельное) поле допуска h9, которое показывает, в каких пределах должен находиться диаметр d_1 по требованиям чертежа детали. Поскольку это поле допуска регламентируется стандартом, внутри поля подписано его условное стандартное обозначение (h9).

Справа от заданного предельного поля допуска на рис. 9 изображено действительное поле допуска, которое в масштабе строится по действительным размерам. Действительное поле допуска показывает, в каких пределах на самом деле находится действительное значение размера реальной детали.

Ширина всех полей допусков в горизонтальном направлении может быть произвольной, так как масштаб откладывается вдоль вертикального направления.

Схема расположения полей допусков рисуется отдельно для каждого размера детали, то есть всего необходимо построить 6 схем.

13. Сопоставляя по схемам расположение заданного и действительного полей допусков каждого размера, необходимо сделать вывод о годности детали. Отдельный размер детали будет годным, если действительное поле допуска более узкое в вертикальном направлении, чем заданное, и не выступает за пределы заданного ни вверх, ни вниз.

В рассматриваемом примере (см. рис. 9) размер не является годным, так как действительное поле допуска шире заданного в вертикальном направлении и выступает за пределы заданного поля как вверх, так и вниз. Это значит, что действительное значение размера может выйти за пределы заданного поля допуска, то есть размер не является годным.

Если хотя бы один размер из 6 исследуемых не является годным, то делается и записывается вывод о том, что вся деталь не является годной.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «МИКРОМЕТРИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ»

Цель работы

1. Ознакомление с конструкцией и принципом действия микрометрического инструмента.
2. Измерение геометрических параметров детали.
3. Проведение анализа на соответствие контролируемых поверхностей детали условиям взаимозаменяемости по геометрическим параметрам.

4. Выводы.

3.1. Общие сведения

Микрометрические инструменты относятся к группе универсально-измерительных приборов и инструментов.

Они предназначены для абсолютных измерений наружных и внутренних размеров, глубин и высот изделий, обработанных с высокой точностью.

К основным стандартизованным микрометрическим инструментам относятся:

1) Микрометры.
2) Микрометрические глубиномеры.
3) Микрометрические нутромеры.

Все стандартизованные микрометрические инструменты имеют цену деления шкалы 0,01 мм.

3.2. Микрометрические головки

Одним из основных узлов любого микрометрического инструмента является микрометрическая головка – точно изготовленная микрометрическая пара с определенным шагом, обычно равным 0,5 мм. Винтовую пару используют как увеличивающее устройство, преобразующее небольшие продольные перемещения винта в большие окружные перемещения шкалы барабана. Цену деления *c* шкалы барабана с *n* делениями определяют из выражения

$$c=P/n,$$

где *P* — шаг винта (0,5 мм).

Измеряемый размер полностью можно определить по углу поворота барабана, состоящего в общем случае из целого числа оборотов и неполного оборота. Для удобства отсчета целого числа оборотов винта служит продольная (основная) шкала, нанесенная на стебле с интервалом деления, равным шагу винта. К числу делений, открытых барабаном на основной шкале, необходимо прибавить отсчет на барабане.

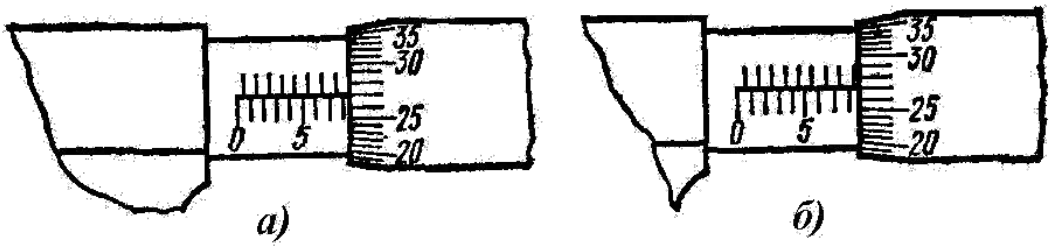

Рис. 10. Примеры отсчета по микрометрам: *а* – 8,27 мм; *б* – 8,77 мм

Так, например , на рис. 10, *а* необходимо сложить 8 мм на основной шкале и 0,27 мм на барабане. На рис. 10, *б* необходимо сложить уже 8,5 мм, открытых на основной шкале, и 0,27 мм на барабане.

3.3. Микрометры

Микрометры гладкие типа МК предназначены для измерения наружных размеров изделий.

Конструкция микрометра показана на рис. 11. Скоба *1* должна быть достаточно жесткой, чтобы ее деформация от измерительного усилия не сказывалась на точности измерения. В микрометрах небольших размеров (до 300 мм) пятка *2* запрессовывается в скобу. В микрометрах для размеров свыше 300 мм пятки выполняют подвижными (регулируемыми или сменными), что облегчает установление их в нулевое положение и позволяет расширить пределы измерения.

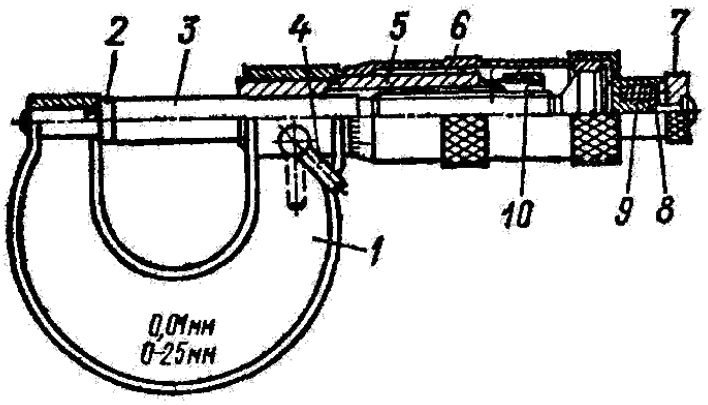

Рис. 11. Микрометр гладкий типа МК

Стебель *5* запрессовывают в скобу или присоединяют к ней на резьбе. В некоторых конструкциях стебель выполняют вместе со скобой. Внутри стебля с одной стороны имеется микрометрическая резьба, а с другой – гладкое цилиндрическое отверстие, обеспечивающее точное направление перемещения винта *3*. На конце стебля (на длине микрометрической резьбы) имеются продольные прорези, а снаружи коническая резьба с навернутой на нее гайкой *10*. Вращением этой гайки можно изменять плотность резьбового соединения винта со стеблем, обеспечивая необходимую легкость вращения винта и устранение мертвого хода. Торцовая поверхность винта, обращенная к пятке, является измерительной . Торцовые поверхности пятки *2* и винта *3* должны иметь шероховатость поверхности не ниже 12-го класса шероховатости.

Трещотка предназначена для обеспечения постоянства измерительной силы в пределах 7±2 Н. Механизм трещотки состоит из храповика *7*, штифта *8* и пружины *9*. Вращение головки храповика по часовой стрелке передается микрометрическому винту трением между штифтом *8*, поджимаемым пружиной *9*, и зубьями храповика. При измерительном усилии, превышающем допустимую величину, храповик будет поворачиваться относительно винта. Существуют и другие конструкции устройств для стабилизации измерительной силы (фрикционное устройство со спиральной пружиной, с винтовой пружиной и т. п.). Стопорное устройство *4* используют, если необходимо сохранять микрометрический винт в установленном положении.

3.4. Микрометрические нутромеры

Для измерения диаметров отверстий применяют микрометрические нутромеры (рис. 12).

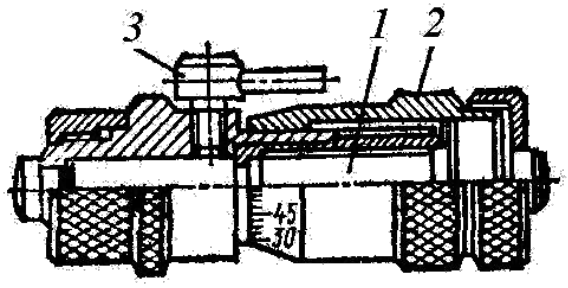

Рис. 12. Микрометрический нутромер:
1 – микрометрический винт;
2 – барабан; *3* – стопор

Увеличение пределов измерения нутромеров осуществляют с помощью набора удлинительных стержней разной длины, заключенных в трубках и поджатых пружинами (рис. 13).

Рис. 13. Удлинитель к нутромеру

Для соединения удлинителей один с другим и с микрометрическим нутромером удлинители имеют на одном конце наружную, а на другом внутреннюю резьбу (см. рис. 13).

Установку шкал микрометрических нутромеров в нулевое положение можно выполнять по микрометрам для наружных измерений, а также в специальной скобе.

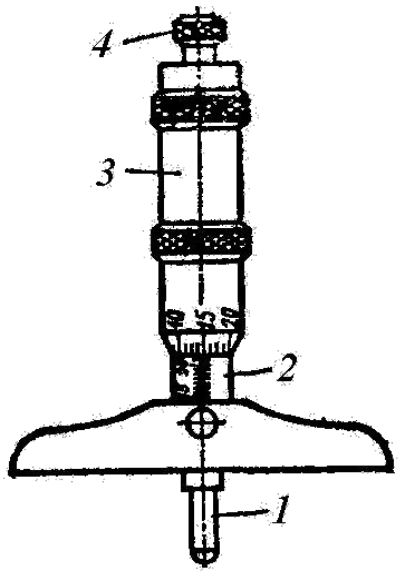

Рис. 14. Микрометрический глубиномер: *1* – микрометрический винт; *2* – стебель; *3* – барабан; *4* – трещотка

3. 5. Микрометрические глубиномеры

Микрометрические глубиномеры предназначены для измерения глубины и высоты изделий, расстояний до буртиков и уступов.

Конструкция микрометрического глубиномера показана на рис. 14.

Диапазон измерений глубиномерами составляет 0...25, 25...50 и т. д., до 125...150 мм. Цифры у штрихов стебля и барабана нанесены в обратном порядке по сравнению с микрометрами, так как чем больше глубина, микровинт. тем дальше выдвинут

3.6. Порядок выполнения работы

1. Изучить основные виды микрометрических инструментов, конструкцию и назначение микрометров, микрометрических нутромеров, микрометрических глубиномеров (см. п. 3.1 – 3.5). Законспектировать назначение всех видов микрометрического инструмента.

2. Определить и записать метрологические показатели используемого в лабораторной работе микрометра: а) пределы измерения, мм; б) цену деления на стебле *a* (основной шкалы), мм; в) цену деления *c* шкалы на барабане, мм; г) возможную предельную погрешность Δlim инструмента в пределах его использования, мкм (табл. 5).

Т а б л и ц а 5 . **Предельные погрешности микрометров, ±Δlim, мкм**

Средство измерения	Вид контакта	Интервалы размеров, мм					
		0 – 25	25 – 50	50 – 75	75 – 100	100 – 125	125 – 150
Микрометры гладкие, находятся в руках	Все виды	5,5	7,5	9,5	12	14	16
Микрометры гладкие, находятся в стойке	Плоскостный Точечный	5,0 5,5	6,0 6,0	6,0 7,0	6,0 8,0	7,0 8,0	8,0 8,5

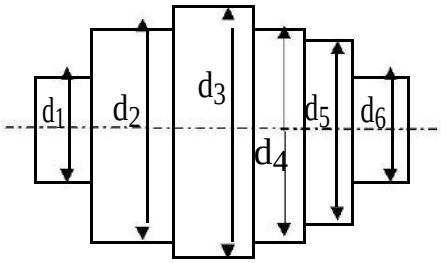

Рис. 15. Эскиз детали

3. Проверить и настроить под руководством преподавателя используемый в лабораторной работе микрометр.

4. Дать эскиз детали с указанием на нем диаметральных размеров $d_1 ... d_6$, подлежащих измерениям (рис. 15).

5. Записать в отчете в виде столбца номинальные значения всех шести измеряемых размеров детали d_{1H}, d_{2H}, ..., d_{6H} вместе с полями допусков (латинская буква с цифрой после нее).

Например:

d_{1H}=50 h9;
d_{2H}=80 s7;
.....
d_{6H}=45 r6.

Эти чертежные (заданные) значения размеров берутся из табл. 6 исходных данных. Номер варианта указан на торцевой поверхности детали.

Т а б л и ц а 6 . **Чертежные (заданные) значения размеров с полями допусков, мм**

№ варианта	**d_1**	**d_2**	**d_3**	**d_4**	**d_5**	**d_6**
1	78 s7	82 h8	92 d10	86 c11	80 h11	77 u8
2	54 u8	60 e8	74 h9	65 d10	58 c11	51 u7
3	53 u8	64 d10	74 h11	69 b11	59 h9	52 x8
4	51 u7	63 h8	74 d9	68 e9	58 h10	53 s7
5	35 r6	40 d8	47 h8	43,5 f9	37,5 e8	30 u8
6	26,8 u7	37 d10	42 c8	39 h8	34,9 d9	31 s7
7	30 s7	38 f8	42 e9	37 f9	33 c8	27,5 u8
8	27 r6	35 d11	49 b11	41 d9	30 f8	26 u8
9	18,5 s6	20 c8	24,5 e8	22 f7	19 h10	16 u7
10	17 f7	20 e8	24,2 u7	22 c8	19 h9	15 u8

6. Определить и записать в миллиметрах значения верхнего es (ES) и нижнего ei (EI) предельных отклонений для каждого размера по табл. 2. Предельные значения отклонений определяются полем допуска и номинальным значением каждого размера.

7. Измерить микрометром каждый диаметр детали три раза, поворачивая деталь вокруг ее оси вращения на угол 60° после каждого измерения. Результаты измерений каждого диаметра записать в строку.

8. Осреднить результаты измерений по каждому размеру (найти среднее арифметическое для трех измерений каждого диаметра). Полученные значения будут являться приборными значениями размеров $d_{ПР\_1}$, $d_{ПР\_2}$, ..., $d_{ПР\_6}$.

9. Записать результаты измерений с учетом погрешностей (в мм):

$$d_{1_Д}= d_{ПР_1}\pm\Delta_{\Sigma 1}\pm\Delta lim,$$
$$d_{2_Д}= d_{ПР_2}\pm\Delta_{\Sigma 2}\pm\Delta lim,$$
....
$$d_{6_Д}= d_{ПР_6}\pm\Delta_{\Sigma 6}\pm\Delta lim,$$

где $d_{1_Д}$, $d_{2_Д}$, ..., $d_{6_Д}$ – действительные размеры с учетом погрешностей; $d_{ПР_1}$, $d_{ПР_2}$, ..., $d_{ПР_6}$ – размеры, полученные по показаниям инструмента (средние арифметические для трех измерений каждого диаметра); $\Delta_{\Sigma 1}$, $\Delta_{\Sigma 2}$, ..., $\Delta_{\Sigma 6}$ – допускаемые при измерении погрешности (определяются из табл. 4); Δlim – предельная погрешность средства измерения (определяется по табл. 5 и имеет одинаковое значение при измерении всех шести диаметров детали, так как все размеры попадают в один диапазон).

10. Определить значения действительного максимального и действительного минимального размеров с учетом погрешностей для каждого из шести диаметров детали:

$$d_{1_Д_max}= d_{ПР_1}+\Delta_{\Sigma 1}+\Delta lim; \qquad d_{1_Д_min}= d_{ПР_1}-\Delta_{\Sigma 1}-\Delta lim;$$
$$d_{2_Д_max}= d_{ПР_2}+\Delta_{\Sigma 2}+\Delta lim; \qquad d_{2_Д_min}= d_{ПР_2}-\Delta_{\Sigma 2}-\Delta lim;$$
....
$$d_{6_Д_max}= d_{ПР_6}+\Delta_{\Sigma 6}+\Delta lim; \qquad d_{6_Д_min}= d_{ПР_6}-\Delta_{\Sigma 6}-\Delta lim.$$

11. По номинальным (заданным по табл. 6) значениям размеров (см. п. 5) и предельным отклонениям каждого размера (см. п. 6) определить значения предельного максимального и предельного минимального размеров для каждого из шести диаметров детали:

$$d_{1_П_max}= d_{1Н}+es; \qquad d_{1_П_min}= d_{1Н}+ei;$$
$$d_{2_П_max}= d_{2Н}+es; \qquad d_{2_П_min}= d_{2Н}+ei;$$
....
$$d_{6_П_max}= d_{6Н}+es; \qquad d_{6_П_min}= d_{6Н}+ei.$$

12. Изобразить графически действительные и предельные размеры (действительное и заданное предельное поля допусков) для каждого диаметра детали. Масштаб для схемы расположения полей допусков принять равным: в 1 см схемы 0,1 мм размера. Пример см. на рис. 9.

13. Сопоставляя по схемам расположение заданного и действительного полей допусков каждого размера, необходимо сделать вывод о годности детали. Отдельный размер детали будет годным, если действительное поле допуска более узкое в вертикальном направлении, чем заданное, и не выступает за пределы заданного ни вверх, ни вниз.

Если хотя бы один размер из 6 исследуемых не является годным, то делается и записывается вывод о том, что вся деталь не является годной.

4. Контрольные вопросы

1. Какие измерения называются абсолютными?
2. Какие измерения называются относительными?
3. Как определяется цена деления штангенциркуля, микрометра?
4. Что такое отклонение и как его определяют?
5. На основании чего делается вывод о пригодности детали?
6. Какие факторы влияют на отклонение линейных размеров?
7. Устройство и назначение штангенинструмента.
8. Устройство и назначение микрометрического инструмента.
9. Сформулируйте понятие погрешности измерения.
10. На чем основывается выбор точности измерительных средств в зависимости от допуска?

Библиографический список

1. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник/ Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – 3-е изд. перераб и доп. – М.: Высшая школа. 2007. – 791 с.

2. Метролигия, стандартизация и сертификация: Учебник. – 4-е издание., стер. – М.: Академия, 2008. – 384 с.

3. Основы технологии производства и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования. Технология и организация восстановления деталей и сборочных еденицъ.: Методические указания к лабораторным работам/ СибАДИ, кафедра ЭСМиК; сост.: С.В. Мельник, А.И. Злобин, А.А. Шапошникова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 52 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение..... 3
1. Основы технических измерений..... 3
1.1. Метрология..... 3
1.2. Основные метрологические показатели..... 5
1.3. Классификация и методы измерения..... 6
1.4. Средства измерений..... 8
1.5. Метрологические параметры, свойства и погрешности средств измерения..... 9
1.6. Метрологические процессы..... 11
1.7. Погрешности измерений..... 11
1.8. Понятие об эталонах, образцовых и рабочих СИ..... 13
2. Лабораторная работа «Штангенинструмент»..... 15
2.1. Общие сведения..... 15
2.2. Нониусное отсчетное устройство..... 15
2.3. Типы и конструкции штангенциркулей..... 17
2.4. Штангенглубиномеры..... 18
2.5. Штангенрейсмасы..... 19
2.6. Штангензубомеры..... 19
2.7. Порядок выполнения работы..... 20
3. Лабораторная работа «Микрометрический инструмент»..... 27
3.1. Общие сведения..... 28
3.2. Микрометрические головки..... 28
3.3. Микрометры..... 29
3.4. Микрометрические нутромеры..... 30
3.5. Микрометрические глубиномеры..... 31
3.6. Порядок выполнения работы..... 31
4. Контрольные вопросы..... 34

Библиографический список..... 34