

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Строительно-политехнический колледж

**МДК 01.01 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ НА КАЖДОЙ СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ПРОЦЕССА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 1-3
для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции,
процессов и услуг (по отраслям)» на базе основного общего образования всех
форм обучения

Воронеж 2021

УДК 658.562(07)
ББК 65.291.82я7

Составители: И. В. Поцебнева

МДК 01.01 Порядок проведения оценки качества продукции на каждой стадии производственного процесса: методические указания к выполнению практических работ №1-3 для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» на базе основного общего образования всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: И. В. Поцебнева. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 37 с.

В методических указаниях изложены рекомендации к выполнению практических работ № 1-3 по дисциплине «Порядок проведения оценки качества продукции на каждой стадии производственного процесса». Рассмотрены основные теоретические аспекты, приведены задания к практической работе, порядок выполнения, контрольные вопросы.

Предназначены для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» на базе основного общего образования всех форм обучения

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ППОКП_ПР_1-3.pdf.

Ил. 19. Табл. 8. Библиогр.: 4 назв.

УДК 658.562(07)
ББК 65.291.82я7

Рецензент - И. В. Фатеева, канд. экон. наук, доц. кафедры инноватики и строительной физики им. профессора И. С. Суровцева ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Целями профессионального модуля «Порядок проведения оценки качества продукции на каждой стадии производственного процесса» является овладение обучающихся профессиональными компетенциями по проведению оценки и анализа качества сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий на соответствие требованиям нормативных документов и технических условий.

Оценка качества — это процесс проверки соответствия количественных или качественных характеристик продукции, или процесса, установленным техническим требованиям.

В ходе выполнения практических работ, обучающиеся приобретают знания и умения по использованию измерительного оборудования для применения различных методов и методик проведения контроля и испытаний качества сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, умения оценивать влияния качества сырья и материалов на качество готовой продукции, умения выбирать методы и способы определения значений технического состояния оборудования, оснастки, инструмента и средств измерения, планировать последовательности и сроки проведения метрологического надзора за оборудованием, оснасткой и измерительным инструментом используемым в производстве, оформлять результаты оценки проведенного контроля.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 ПРОВЕДЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ И КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО СВОЙСТВАМ

Теоретическая часть

1. Общие положения

Свойство материала – признак, составляющий его отличительную особенность. Свойства металлов разделяют на 5 групп: механические, физические, химические, технологические, эксплуатационные. Механические свойства характеризуют способность материала сопротивляться деформации и разрушению под действием приложенных нагрузок.

Методы определения механических свойств металлов делятся на следующие группы:

– статические – проводятся при воздействии на образец с определенной скоростью постоянно действующей нагрузки. Скорость деформации составляет от 10^{-4} до 10^{-1}с^{-1} . Статические испытания на растяжение относятся к наиболее распространенным. Свойства, определяемые при этих испытаниях, приведены в

многочисленных стандартах по техническим условиям на материалы. К статическим относятся испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение;

– динамические – характеризуются приложением к образцу ударной нагрузки и значительной скоростью деформации. Длительность испытания не превышает сотен долей секунды. Скорость деформации составляет около 10^2 с^{-1} . Динамические испытания чаще всего проводят по схеме ударного изгиба образцов с надрезом;

– циклические (на усталость) – характеризуются многократными изменениями нагрузки по величине и по направлению. Примером испытаний являются испытания на усталость, они длительны и по их результату определяют число циклов до разрушения при разных значениях напряжения. В конечном итоге находят предельные напряжения, который образец выдерживает без разрушения в течение определенного числа циклов нагружения;

– технологические – для оценки поведения металла при обработке давлением (испытания на изгиб, перегиб, выдавливание).

По воздействию температуры на процесс их делят на испытания при комнатной температуре, низкотемпературные и высокотемпературные (на длительную прочность, ползучесть).

Механические свойства определяются по результатам механических испытаний стандартных образцов материалов. По виду деформации, испытываемой образцом, различают испытания на растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг, кручение. Каждое из этих испытаний отличается схемой нагружения образца, преобладающим направлением возникающих в образце напряжений, типом разрушения образца.

Деформация – изменение размеров и формы тела, возникающих в результате действия на него внешних нагрузок. Деформация, исчезающая после прекращения действия нагрузки, называется упругой. При этом тело полностью восстанавливает первоначальную форму и размеры. Деформация, остающаяся после снятия нагрузки, называется остаточной или пластической. Способность материала сопротивляться деформации зависит от силы сцепления частиц. Эта сила характеризуется величиной механических напряжений, возникающих в каждой точке деформированного тела. Напряжение – единичная внутренняя сила, действующая в каждой точке деформированного тела. Размерность напряжения – [МПа] ($1 \text{ МПа} = 1 \text{ Н/мм}^2$, $10 \text{ МПа} \sim 1 \text{ кгс/мм}^2$).

Полное напряжение для удобства расчётов раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие: нормальное напряжение σ и касательное напряжение τ . Нормальные напряжения действуют по нормали к плоскости сечения тела. Они характеризуют стремление частиц материала сблизиться или удалиться друг от друга. Касательные напряжения действуют в плоскости сечения и характеризуют стремление частиц скользить относительно

друг друга. Численные значения σ и τ зависят от выбора рассматриваемого сечения.

2. Испытание материалов на растяжение. Определение основных прочностных и пластических свойств материалов

Основную информацию о механических свойствах материалов мы получаем из справочников. Наиболее важными из них являются свойства, определяемые при статическом испытании материалов на растяжение. Методы испытания на растяжение стандартизированы. Стандартом предусмотрены следующие механические характеристики материалов:

- условный предел упругости материала $\sigma_{\text{упр}}$;
- физический предел текучести материала σ_{T} ;
- условный предел текучести материала $\sigma_{0,2}$;
- условный предел прочности материала σ_{B} ;
- относительное удлинение после разрыва δ ;
- относительное сужение после разрыва ψ .

В лабораториях испытания на растяжение проводятся на универсальной испытательной машине ИК-500. Растяжению подвергают стандартные образцы круглого или прямоугольного поперечного сечения (рис. 1.1).

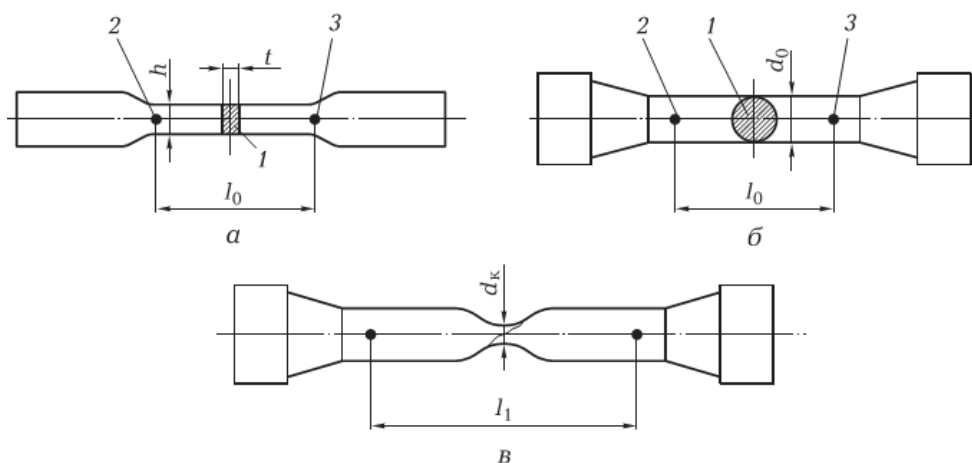


Рис. 1.1. Стандартные образцы для испытания материалов на растяжение:
a – из листового и полосового проката; *б* – из круглого проката;
в – из круглого проката после растяжения; 1 – 3 – контрольные сечения;
 d_0 , d_k – диаметр образца до и после испытания соответственно; l_0 , l_1 – длина
образца до и после испытания соответственно; h – толщина образца;
 t – ширина шейки

Абсолютные размеры образцов могут быть различными. Для обеспечения сопоставимых результатов испытаний расчетная длина образца l_0 принимается равной $10 \cdot d_0$ для цилиндрических образцов (d_0 – диаметр рабочей части образца) и $11,3\sqrt{S_0}$ для плоских образцов ($S_0 = b \cdot h_0$, где S_0 – площадь

поперечного сечения рабочей части образца, b_0 – толщина образца; h_0 – ширина образца). Расчётная длина образца перед испытанием отмечается рисками.

В процессе испытания самопишущий прибор машины строит графическую зависимость между действующей на образец растягивающей нагрузкой $F(N)$ и вызванным этой нагрузкой абсолютным удлинением образца Δl (мм). Пример такой зависимости для малоуглеродистой пластичной стали приведён на рисунке 2.

Численные значения F и Δl сами по себе не характеризуют свойства материала, так как зависят от размеров образца. Чем больше площадь поперечного сечения образца S_0 , тем больше сила F , необходимая для его деформирования. Чем больше начальная длина l_0 , тем больше будет абсолютное удлинение Δl (образец вытянется больше).

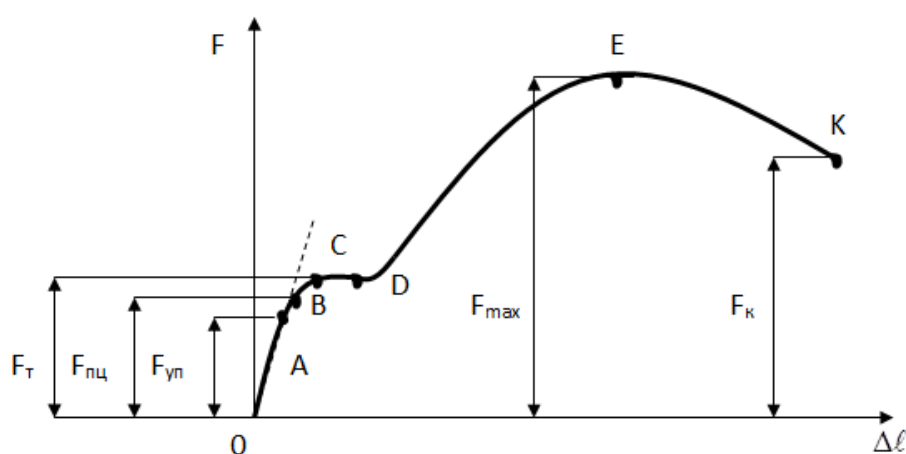


Рис. 1.2. Зависимость между растягивающей нагрузкой и абсолютным удлинением образца: $F_{пц}$ – сила пропорциональности; $F_{уп}$ – сила упругости; F_T – сила текучести; F_{max} – максимальная сила, выдерживаемая образцом до разрушения; F_K – сила в момент разрыва

Для того, чтобы можно было сравнивать результаты испытаний образцов одного и того же материала различных размеров и формы, необходимо построить зависимость между возникающими в поперечных сечениях образца напряжениями σ (МПа) и относительным удлинением образца ε (%).

Для этого надо выполнить перерасчёт полученных опытных данных по следующим формулам:

$$\sigma = \frac{F}{S_0}; \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

Полученная зависимость (рис. 1.3) называется диаграммой растяжения материала. Численные значения σ и ε полностью характеризуют прочностные и пластические свойства материала образца при статическом растяжении.

Анализируя диаграмму растяжения, изучают поведение материала при растяжении и определяют его основные механические свойства.

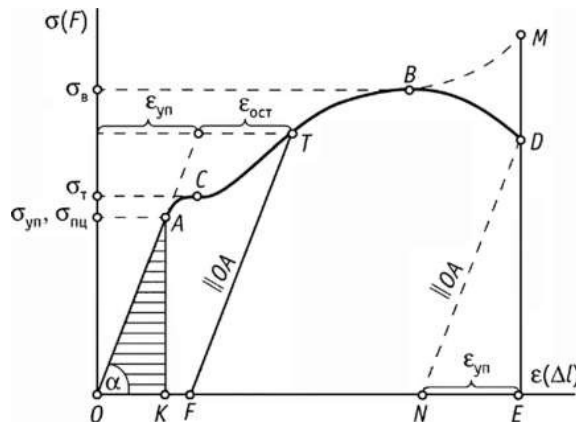


Рис. 1.3. Диаграмма растяжения малоуглеродистойпластичной стали

На участке OA диаграммы растяжения деформации растут пропорционально напряжениям. В материале при этом возникают только упругие деформации. Прямая OA описывается законом Гука ($\sigma = E \cdot \varepsilon_{yn}$), который гласит: упругие деформации прямо пропорциональны действующим напряжениям. Коэффициент пропорциональности E в этой линейной зависимости – величина, постоянная для каждого материала. Эта величина называется модулем продольной упругости материала или модулем упругости I рода, или модулем Юнга. Модуль продольной упругости E (МПа) характеризует жесткость материала, то есть его способность сопротивляться упругим деформациям при растяжении или сжатии.

На диаграмме растяжения материала модуль продольной упругости характеризуется тангенсом угла наклона прямой OA к оси ε . Чем больше угол α , тем меньше развиваются упругие деформации при одном и том же напряжении, тем более жестким является материал.

Ордината точки A на диаграмме соответствует условному пределу упругости материала σ_{yn} (МПа). Условным пределом упругости называется наибольшее напряжение, до которого в материале развиваются лишь упругие деформации и сохраняется прямая пропорциональная зависимость между напряжениями и деформациями. Оно определяется по формуле:

$$\sigma_{yn} = \frac{F_{yn}}{S_0} \quad (1.2)$$

Детали машин, механизмов, приборов, элементы конструкций должны работать в области упругих деформаций, то есть после снятия рабочих нагрузок восстанавливать первоначальную форму и размеры. Поэтому численное значение предела упругости является важнейшим прочностным свойством для всех материалов, особенно для тех, из которых изготавливают детали типа пружин и рессор.

При напряжениях выше предела упругости в материале образца наряду с упругими деформациями начинают развиваться и пластические (остаточные) деформации ε_{yn} . Долю остаточной деформации в полной деформации

$\varepsilon_{ост}$ можно определить, проведя из исследуемой точки диаграммы линию, параллельную линии ОА. Точка пересечения этой линии с осью ε покажет значение остаточной деформации $\varepsilon_{ост}$ (рис. 1.3).

За пределом упругости на диаграмме растяжения наблюдается переход от линии ОА к более или менее выраженной горизонтальной площадке, соответствующей процессу текучести материала (рис. 1.3). Явление текучести заключается в значительном росте деформаций без заметного увеличения нагрузки. При этом происходит упрочнение металлического материала под действием пластической деформации (явление наклепа).

Горизонтальный участок ВС называется площадкой текучести материала. Напряжение, при котором происходит рост деформаций без увеличения нагрузки, называется физическим пределом текучести материала $\sigma_{0,2}$ (МПа). Он определяется по формуле:

$$\sigma_T = \frac{F_T}{S_0} \quad (1.3)$$

Ярко выраженная площадка текучести характерна лишь для материалов с высокой пластичностью. Для других материалов стандартом устанавливается условный предел текучести материала $\sigma_{0,2}$ (МПа). Он соответствует напряжению, которое вызывает остаточную деформацию $\varepsilon_{ост} = 0,2\%$ (рис. 1.4).

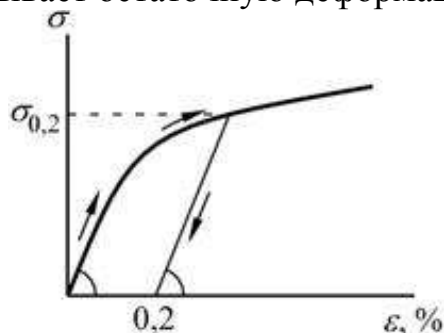


Рис. 1.4. Определение условного предела текучести материала $\sigma_{0,2}$

Предел текучести материала (физический или условный) характеризует сопротивление материала малым пластическим деформациям и является важнейшей расчетной характеристикой материала. Действующие в любом изделии или конструкции в процессе эксплуатации напряжения должны быть меньше предела текучести, чтобы не возникало необратимых остаточных деформаций.

Претерпев состояние текучести, и упрочнившись, материал снова приобретает способность сопротивляться деформированию, и линия диаграммы растяжения на участке СВ (рис. 1.3) поднимается вверх. При этом наблюдается рост как упругих, так и пластических деформаций, однако рост остаточных деформаций значительно опережает рост упругих.

Создание в материале напряжений, превышающих предел текучести, приводит к необратимым изменениям формы и размеров тела, при этом не

приводит к его разрушению. На этом явлении основаны методы обработки материалов давлением (ковка, штамповка, прокатка, прессование, волочение, гибка и другие). Поэтому численное значение предела текучести является важнейшим прочностным свойством для материалов, обрабатываемых давлением.

В момент испытания образца, соответствующий точке В (рис. 1.3) напряжения в материале достигают своего максимального значения. Максимальное напряжение, которое может выдержать материал в процессе деформирования, называется условным пределом прочности материала σ_B (МПа) или временным сопротивлением. Предел прочности рассчитывается по следующей формуле:

$$\sigma_B = \frac{F_{max}}{S_0} \quad (1.4)$$

При растяжении нагрузки меньшей, чем F_{max} , образец достаточно равномерно деформируется по всему объему рабочей части – происходит её равномерное удлинение и сужение. При достижении предела прочности развитие деформаций начинает приобретать резко выраженный характер и распространяется не на весь образец, а концентрируется в одном месте, которое называется шейкой. Образование шейки (резкого местного сужения образца) представляет собой вторую текучесть, но лишь местного характера. Оно характерно для пластичных материалов, имеющих диаграмму растяжения с максимумом.

При дальнейшем растяжении образца (участок ЕК рис. 1.2) площадь поперечного сечения образца в шейке быстро уменьшается. Поэтому нагрузка F_k , необходимая для окончательного разрыва образца (точка К), меньше нагрузки F_{max} , при которой образуется шейка (точка Е). Разрушение образца происходит по наименьшему сечению шейки.

Значения условного предела упругости σ , условного (или физического) предела текучести σ (или σ_s) и условного предела прочности σ_B являются основными прочностными характеристиками материала. Чем выше их численные значения (они приводятся в справочной литературе), тем прочнее материал.

По диаграмме растяжения определяют и пластические свойства материалов. Степень пластичности материалов характеризуется двумя основными показателями: относительным остаточным удлинением при разрыве и относительным остаточным сужением при разрыве.

Относительным остаточным удлинением при разрыве δ (%) называется отношение абсолютного удлинения образца в процессе растяжения к его первоначальной длине. Оно определяется по формуле:

$$\delta = [(l_k - l_0)/l_0] \cdot 100 \quad (1.5)$$

где l_k – длина расчетной части образца после разрыва. Она определяется путём стыковки двух частей разрушенного образца и замера расстояния между нанесёнными до испытания рисками.

Относительным остаточным сужением при разрыве Ψ (%) называется отношение изменения площади поперечного сечения образца в месте разрыва к первоначальной площади:

$$\Psi = [(S_0 - S_k) / S_0] \cdot 100 \quad (1.6)$$

где S_k – площадь поперечного сечения образца в месте разрыва ($S_k = b_k \cdot h_k$, b_k и h_k – толщина и ширина шейки образца в месте разрыва).

Чем больше численные значения δ и Ψ , тем пластичнее материал, тем лучше он может обрабатываться давлением. Противоположным свойству пластичности является хрупкость. Хрупкие материалы разрушаются при незначительных остаточных деформациях и не могут обрабатываться давлением. Деление на пластичные и хрупкие материалы достаточно условно. К пластичным относят материалы с показателем $\delta > 20\%$: большинство чистых металлов (медь, алюминий, железо, титан, кобальт, никель и др.), многие деформируемые сплавы цветных металлов (латуни, дуралюмины, магналии и др.), а также низкоуглеродистые стали. Диаграммы растяжения этих материалов похожи на рассмотренную диаграмму (рис. 1.3).

К хрупким материалам относят: высокоуглеродистые стали, чугуны, некоторые чистые металлы (магний, вольфрам, хром, молибден), литейные сплавы цветных металлов (бронзы, силумины), керамика, камень, бетон, неорганическое стекло и др. Обычно к хрупким относят материалы с показателем $\delta < 5\%$. Диаграммы растяжения хрупких материалов в основном описываются лишь прямой ОА, их разрушение происходит практически при отсутствии пластических деформаций (рис. 1.5, б).

Материалы с показателем пластичности $5 < \delta < 20\%$ можно отнести к хрупко-пластичным. Диаграммы растяжения хрупкопластичных материалов отличаются отсутствием площадки текучести и характерного для пластических материалов максимума (рис. 1.5, а).

В зависимости от условий нагружения один и тот же материал может вести себя и как пластичный и как хрупкий. Многие пластичные материалы ведут себя как хрупкие при низких температурах или при высоких скоростях деформирования.

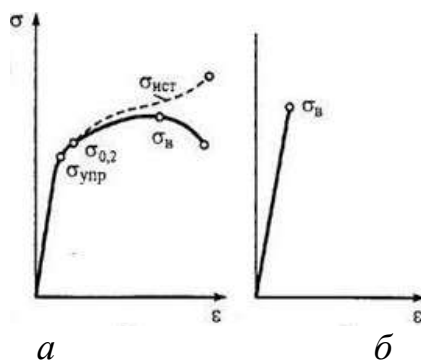


Рис. 1.5. Типовые диаграммы растяжения: а – для хрупко-пластичных материалов; б – для хрупких материалов

3. Определение твердости

Твердость характеризует сопротивление материала большим пластическим деформациям. Наиболее распространенные методы определения твердости связаны с внедрением в испытуемый материал специального тела, называемого индентором, с таким усилием, чтобы произошла пластическая деформация. В материале при этом остается отпечаток индентора, по которому судят о величине твердости. Определение твердости – наиболее распространенный метод исследования свойств материала. Это объясняется рядом причин: определение твердости является неразрушающим методом, так как деталь после такого измерения может быть использована по назначению; испытания на твердость не требуют высокой квалификации; зная твердость, можно судить и о других механических свойствах.

3.1 Метод Бринелля.

В качестве индентора используется стальной закаленный шарик, который вдавливают в испытуемый образец на специальном прессе (рис. 1.6). В результате на поверхности образца образуется отпечаток в виде сферической лунки (рис. 1.7). Диаметр отпечатка измеряют в двух взаимно-перпендикулярных направлениях с помощью микроскопа Бринелля – лупы со шкалой (рис.1.8).

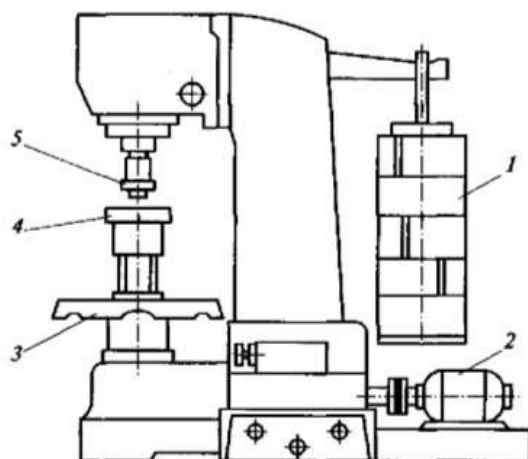


Рис. 1.6. Схема пресса Бринелля: 1 – груз; 2 – электродвигатель; 3 – маховик вращения винта для создания предварительной нагрузки; 4 – установочный стол; 5 – держатель индентора

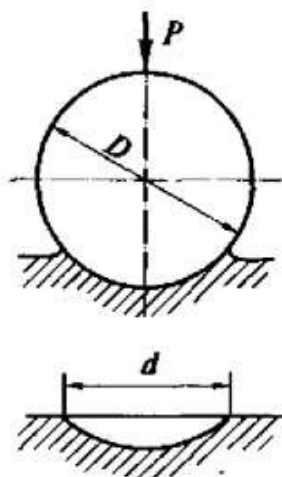


Рис. 1.7. Схема определения твердости по Бринеллю

Число твердости HB , кгс/мм², – это отношение приложенной нагрузки к площади поверхности отпечатка, его вычисляют по формуле:

$$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} \quad (1.7)$$

где P – прилагаемая нагрузка; D и d – соответственно диаметр шарика и отпечатка.

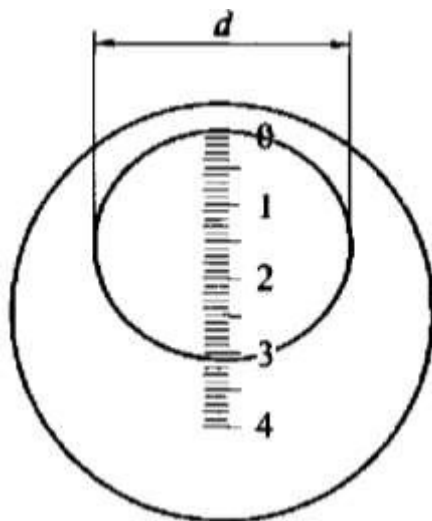


Рис. 1.8. Измерение диаметра отпечатка лупой Бринелля

На практике пользуются таблицей, в которой указаны значения твердости в зависимости от диаметра отпечатка.

Диаметр шарика и нагрузку выбирают так, чтобы соблюдалось соотношение $d = (0,25...0,5)D$, т.е. для разных материалов эти параметры различны. При диаметре индентора 10 мм, нагрузке 3000 кгс (29430 Н) и времени выдержки под нагрузкой 10 с твердость обозначается только цифрами и латинскими буквами, например 200 HB. Эти условия приняты для определения твердости сталей и чугунов. При изменении условий испытаний

помимо значений твердости указываются диаметр шарика, усилие и время выдержки под нагрузкой. Например, 185 HB/5/750/20, здесь 5 – диаметр шарика в мм, 750 – нагрузка в кгс (7350 Н), 20 – время выдержки под нагрузкой в с.

Метод Бринелля не является универсальным. Он не позволяет испытывать материалы с твердостью более 450 HB (может деформироваться шарик), а также образцы толщиной менее десятикратной глубины отпечатка.

Между твердостью по Бринеллю и пределами прочности и текучести соблюдаются следующие примерные соотношения: для стали

$\sigma_B = HB/3$, $\sigma = HB/6$; для алюминиевых сплавов $\sigma_B = 0,362 HB$; для медных сплавов $\sigma_B = 0,26 HB$.

3.2. Метод Роквелла

Принципиальное отличие этого метода от рассмотренного ранее заключается в том, что твердость определяется не площадью поверхности отпечатка индентора, а глубиной его проникновения в исследуемый образец.

В качестве индентора используют алмазный конус при испытаниях твердых материалов и стальной закаленный шарик при испытаниях мягких материалов. Нагрузка при использовании алмазного конуса устанавливается 60 кгс (500 Н) или 150 кгс (1400 Н) в зависимости от твердости материала – большая для менее твердых материалов (например, закаленных сталей), меньшая для материалов с очень высокой твердостью (твердых сплавов, режущей керамики), с тем, чтобы избежать скола алмаза. Стальной шарик вдавливают с нагрузкой 100 кгс (900 Н).

Испытания выполняются на специальном приборе, имеющем черную (С) и красную (В) шкалы. Шкала С используется при испытаниях с помощью алмазного конуса при нагрузке 60 и 150 кгс, шкала В

- для шарика с нагрузкой 60 кгс. Числа твердости обозначаются: HRC
- алмазный конус, нагрузка 150 кгс; HRA – алмазный конус, нагрузка 60 кгс; HRB – стальной шарик, нагрузка 100 кгс.

Число твердости в единицах HRC примерно в 10 раз меньше, чем в единицах HB, т.е. твердость 30 HRC примерно соответствует 300 HB. Между значениями твердости по шкалам С и А имеется следующая зависимость: $HRC = 2HRA - 104$.

3.3. Метод Виккерса

Метод основан на вдавливании четырехгранной алмазной пирамидки с углом между противоположными гранями, равным 136° . Число твердости обозначается HV (кгс/мм²) и определяется отношением нагрузки к площади поверхности отпечатка. Число твердости вычисляется по формуле $HV = 1,854P/d^2$, где d – среднее значение длины диагоналей отпечатка.

Нагрузка может изменяться в пределах от 1 до 100 кгс (от 10 до 1000 Н). Величина диагоналей определяется с помощью специального микроскопа, встроенного в прибор. Для измерения очень тонких слоев или отдельных фаз сплава используют метод измерения микро-твердости при нагрузке от 1 до 500

г (от 0,01 до 5 Н), которая также определяется в единицах НV. Значения твердости (до 450 НВ) по Бринеллю и Виккерсу практически равны.

3.4. Метод Шора

При измерении твердости по Шору используется принцип, отличный от рассмотренных ранее. Твердость оценивают по величине упругой, а не пластической деформации. На поверхность объекта с высоты H_{Π} падает специальный боек. При ударе часть энергии расходуется на пластическую деформацию исследуемого материала. Оставшаяся упругая деформация возвращается бойку в виде упругого отскока на величину H_0 (рис.1.9). При этом сам боек не деформируется, так как оснащен алмазным наконечником. Высота отскока бойка, определяемая величиной упругой деформации, тем больше, чем выше твердость материала.

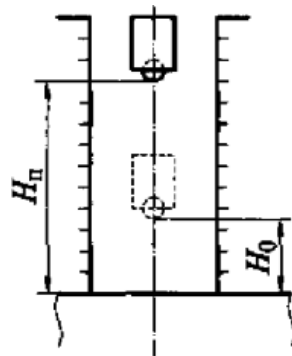


Рис. 1.9. Измерение твердости по Шору

Твердость определяется по высоте отскока бойка H_0 (см. рис. 1. 9). Шкала твердости на приборе Шора разделена на 130 единиц. Она рассчитана таким образом, чтобы твердость закаленной эвтектоидной стали оказалась равной 100 единицам. Эти приборы часто используют для определения твердости непосредственно на деталях, особенно крупногабаритных.

В некоторых случаях, когда применение перечисленных методов невозможно, твердость металла определяют с помощью тарированных напильников из материала с известной максимальной твердостью, пока еще возможно снятие стружки (при большей твердости напильник скользит по поверхности). Этот метод менее точен, но прост и легко применим в цеховых условиях.

4. Испытания на усталость

Усталостное разрушение металлов происходит в условиях повторяющихся знакопеременных напряжений, значения которых меньше предела прочности. Этот процесс постепенного разрушения – усталость – заключается в том, что под действием большого числа циклов переменных нагрузок в наиболее нагруженном или ослабленном месте металла зарождается, а затем растет трещина, следовательно, площадь сплошного металла постепенно уменьшается, а напряжения возрастают, поскольку $\sigma = P/F$, при постоянной нагрузке P уменьшение площади F приводит к росту напряжений σ . Наступает момент, когда оставшаяся неповрежденная часть сечения уже не

может выдержать приложенной нагрузки, так как действующие напряжения превысили предел прочности (т.е. $\sigma > \sigma_B$), поэтому происходит быстрое разрушение металла.

Свойство материала противостоять усталости называется выносливостью. Наибольшее напряжение, которое выдерживает металл без разрушения при повторении заранее заданного числа циклов, называют пределом выносливости.

Испытание на усталость чаще всего проводят на вращающемся образце с приложением постоянной изгибающей нагрузки. Напряжения в каждой точке образца за один оборот изменяются от положительных (растяжение) до отрицательных (сжатие), т.е. меняются по закону синусоиды (рис.1.10). При таком нагружении отношение максимальной и минимальной величин напряжений равно -1 . Предел выносливости в этом случае обозначается σ .



Рис. 1.10. Изменение напряжений в образце в зависимости от знакопеременной нагрузки в течение n циклов

Испытания выполняются следующим образом. При заданном напряжении определяется количество циклов до разрушения, полученное значение наносится на график $n - \sigma$, где n – число циклов. В результате получают кривую усталости (рис.1.11). Как видно на этой кривой, существует напряжение, которое вообще не вызывает разрушения, это и есть предел выносливости, т.е. при напряжениях ниже, чем σ_{-1} деталь может работать сколь угодно долго.

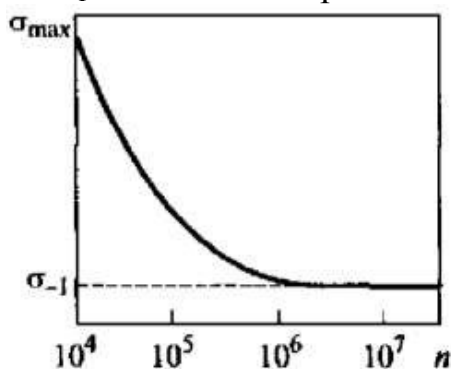


Рис. 1.11. Кривая усталости

5. Испытания на ползучесть

Ползучесть – это деформация материала во времени под действием постоянного напряжения. У металлов ползучесть наблюдается лишь при

высоких температурах, у полимеров это может происходить и при комнатной температуре.

При ползучести в металле происходят следующие процессы. В результате приложенной нагрузки возникает пластическая деформация, вызывающая наклеп. Вследствие наклепа происходит упрочнение материала, предел текучести при этом повышается и деформация приостанавливается. Однако при высокой температуре начинается процесс рекристаллизации (снятие наклепа) и деформация возникает вновь. Таким образом, при ползучести происходят два процесса: упрочнение металла за счет наклепа и снятие упрочнения под действием высокой температуры. После снятия наклепа и понижения значений предела текучести деформация развивается вновь.

Испытания на ползучесть выполняют на специальных установках при постоянной нагрузке. Образец устанавливают в захваты испытательной машины и помещают в печь. При этом автоматически производят измерение и запись длины образца, т.е. записывается кривая ползучести (рис.1.12). На этой кривой участок OA соответствует деформации, возникшей в момент приложения нагрузки; АВ – участок неустановившейся ползучести; ВС – участок установившейся ползучести, когда металл деформируется с постоянной скоростью, которая характеризуется тангенсом угла наклона кривой; на участке CD процесс ползучести идет не просто с постоянной скоростью, а ускоряется, этот этап заканчивается разрушением в точке D.

В испытаниях на ползучесть определяют предел ползучести и длительную прочность. Предел ползучести – напряжение, вызывающее заданную деформацию при данной температуре, т. е. регламентирующее величину остаточной деформации за определенное время τ (участок BC). Например, $\sigma_{0,2/100}^{700} = 1000$ МПа означает, что предел ползучести, т.е. допуск на остаточную деформацию 0,2% за 100 ч при температуре испытаний 700°C составляет 1000 МПа. Длительная прочность – напряжение, вызывающее разрушение при определенной температуре за определенное время (точка D), например, $\sigma_{1000}^{700} = 200$ МПа означает, что при напряжении 200 МПа и температуре 700°C разрушение образца произойдет через 1000 ч.

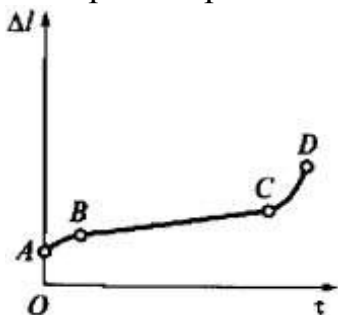


Рис. 1.12. Кривая ползучести

6. Определение ударной вязкости

Испытания на ударную вязкость относятся к динамическим видам испытаний. Для определения ударной вязкости используют стандартные образцы с надрезом U- или V-образной формы, который служит концентратором напряжений. В зависимости от формы надреза ударная вязкость обозначается КСУ или КСВ. Образец устанавливают на маятниковом копре (рис.1.13) так, чтобы удар маятника был нанесен по стороне образца, противоположной надрезу, раскрывая его. Маятник поднимают на высоту h_1 при падении он разрушает образец и поднимается на высоту h_2 . $h_1 > h_2$, так как часть запасенной при подъеме энергии тратится на разрушение образца. Таким образом, работа разрушения составит: $A = mg(h_1 - h_2)$, кДж. Ее значение считывается со шкалы маятникового копра.

Ударная вязкость – это относительная работа разрушения, т.е. работа удара, отнесенная к площади поперечного сечения образца F . Таким образом, $КСУ (КСВ) = A/F$, кДж/м².

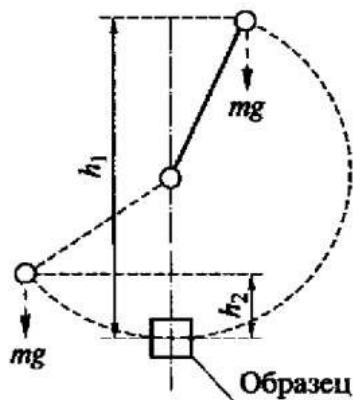


Рис. 1.13. Схема определения ударной вязкости

Задания для практической работы

Практическая работа. Проведение механических испытаний металлопродукции и классификация материалов по свойствам

Работа выполняется индивидуально.

Лабораторная работа производится в следующей последовательности.

1. Изучить теоретический материал, представленный в методических указаниях.

2. Визуально ознакомиться с машиной, на которой будут проводиться испытания; записать тип машины, цену деления шкалы силоизмерительного механизма, скорость деформирования.

3. Замерить и записать исходные размеры поперечного сечения образца h_0 и b_0 в случае плоского образца или d_0 в случае цилиндрического образца. Замеры производить с точностью до 0,01 мм в трех местах – в середине и по краям рабочей части образца. За расчетную принять наименьшую из трех

площадь поперечного сечения.

4. Рассчитать с точностью до 0,1 мм и отметить рисками на образце его расчетную начальную длину l_0 .

5. Зарисовать эскиз образца с указанием его размеров.

6. Установить образец в захваты машины.

7. Включить машину и установить необходимую скорость перемещения активного захвата машины.

8. Наблюдать за построением самопишущим механизмом графической зависимости Δl от F . Записать характерные значения нагрузки, соответствующие $F_{уп}$, F_T , F_{max} , F_K . Дождаться разрушения образца.

9. Выключить машину, извлечь из захватов части разрушенного образца, отделить с барабана прибора записанную зависимость.

10. Определить основные прочностные свойства материала образца: условный предел упругости σ , физический (σ) или условный ($\sigma_{0,2}$) предел текучести, условный предел прочности σ_B

11. Определить конечную расчетную длину образца l_K , приложив его части плотно друг к другу и замерив с точностью до 0,1 мм расстояние между исходными рисками. Рассчитать относительное остаточное удлинение образца при разрыве δ .

12. Определить площадь минимального поперечного сечения шейки образца в месте разрыва. Рассчитать относительное остаточное сужение образца при разрыве ψ .

13. Определить доли упругих $\Delta l_{уп}$ и пластических $\Delta l_{ост}$ деформаций в абсолютной деформации образца $\Delta l_{полн}$ перед разрывом.

14. Составить письменный отчет и сделать выводы по работе.

15. Представьте на проверку преподавателю отчет о выполнении работы. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что называется деформацией?

2. Чем отличаются упругие и пластические деформации?

3. Что называется механическим напряжением?

4. Какова размерность механического напряжения?

5. В чём отличие нормальных и касательных напряжений?

6. Какими буквами обозначают нормальные и касательные напряжения?

7. Какие напряжения характеризуют поведение материала при растяжении – нормальные или касательные?

8. Какой формы образцы применяются при испытании металлических материалов на растяжение?

9. Что называется диаграммой растяжения материала? В каких осях она строится?

10. Чем отличаются деформация? Как они обозначаются? Какова их размерность?
11. Что называется жёсткостью материала? Какой характеристикой и размерностью она определяются?
12. Как формулируется закон Гука?
13. Что называется пределом упругости материала? Его обозначение и размерность? Как его определить?
14. Что называется физическим пределом текучести материала? Его обозначение и размерность? Как его определить?
15. Что называется условным пределом текучести материала? Его обозначение и размерность? Как его определить?
16. В чём суть наклёпа металла?
17. Что называется пределом прочности материала? Его обозначение и размерность? Как его определить?
18. Что называется пластичностью материала?
19. Какие показатели характеризуют пластичность материалов?
20. Что называется относительным остаточным удлинением при разрыве? Его обозначение и размерность? Как его определить?
21. Что называется относительным остаточным сужением при разрыве? Его обозначение и размерность? Как его определить?
22. Какое свойство противоположно пластичности?
23. Какие материалы можно отнести к пластичным?
24. Какие материалы можно отнести к хрупким?
25. Чем отличаются диаграммы растяжения пластичного, хрупко-пластичного и хрупкого материала?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ

Теоретическая часть

1. Общие положения

Штангенинструмент предназначен для измерения абсолютным методом абсолютной величины измеряемого размера.

К штангенинструментам общего назначения относятся: штангенциркуль, штангенрейсмус, штангенглубиномер. Измерение в штангенинструментах основано на применении нониуса, который позволяет отсчитывать дробные деления основной шкалы. Выпускают штангенинструменты с ценой деления нониуса 0,1, 0,05 и 0,02 мм. Пределы измерения выпускаемых штангенинструментов: штангенциркулей до 2000 мм; штангенглубиномеров – до 500 мм; штангенрейсмусов до 1000 мм. Интервал измеряемых

геометрических величин определяется типоразмером и назначением штангенинструмента. Точность отсчета равна цене деления шкалы нониуса.

Штангенциркуль (рис. 2.1) является наиболее распространенным инструментом для измерения линейных размеров.

Основным элементом штангенциркуля является штанга (рис. 2.2) (т.е. сравнительно толстая стальная линейка) со шкалой, цена деления которой равна 1 мм. На левом конце штанги имеются губки нижняя и верхняя. На штангу надета рамка, обхватывающая ее сверху, снизу и с задней стороны.левой частью рамки являются две губки, имеющие такую же форму, как и губки штанги.

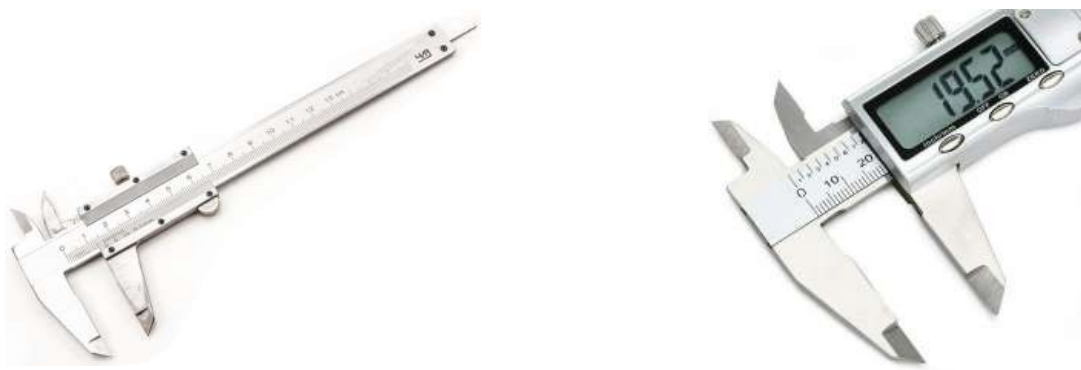


Рис. 2.1. Внешний вид штангенциркуля

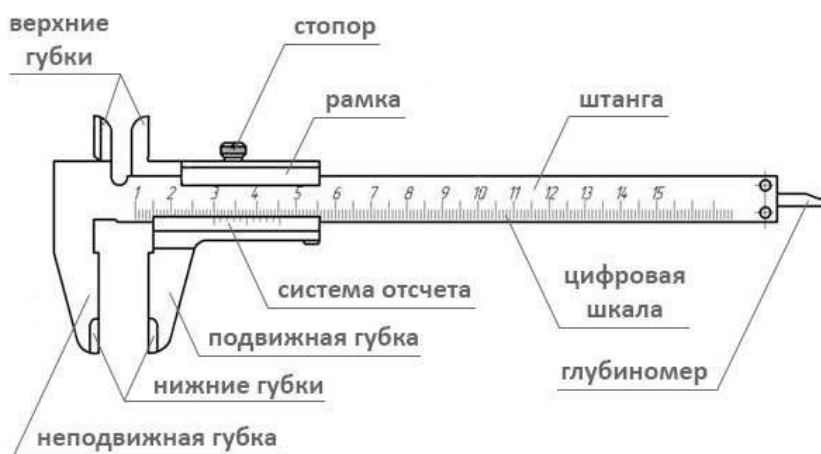


Рис. 2.2. Элементы штангенциркуля

Рамка может свободно передвигаться по штанге и в любом положении может быть застопорена. Для этой цели служит стопор рамки. Передние верхняя и нижняя части поверхности рамки скошены; на нижней части имеется 10 делений; цена каждого деления зависит от точности прибора. Такая шкала с делениями называется нониусом. С задней стороны к рамке наглухо приделана узенькая стальная линейка, называемая линейкой глубиномера. Для

более точного обмера рабочие кромки верхних губок, так же как и нижние части рабочих кромок нижних губок, заострены. При любом положении рамки расстояния между рабочими кромками верхних и нижних губок и длина выдвинутой части линейки глубиномера всегда равны между собой.

2. Порядок проведения измерений штангенциркулем

При определении размера, обмеряемой штангенциркулем детали, смотрят, на каком месте шкалы штанги приходится крайний левый (нулевой) штрих нониуса (рис.2.3). Исходя из этого, определяют по шкале штанги, сколько миллиметров содержится в данном размере. Затем замечают, какой штрих нониуса точно совпадает со штрихом шкалы штанги. Количество делений на нониусе до совпадающего штриха соответствует количеству десятых долей миллиметра.

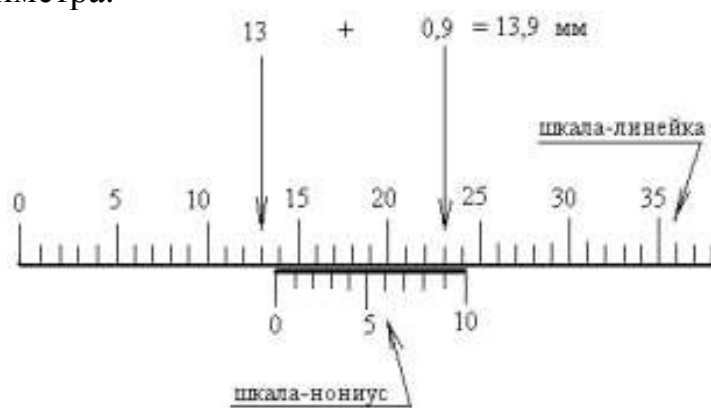


Рис. 2.3. Отсчетное устройство штангенинструментов

Штангенциркуль может быть использован для измерений, если при совмещении губок между ними не просматривается просвет, а нулевые штрихи нониуса и шкалы штанги совпадают.

Штангенциркули с электронным отсчетом. Основой этих инструментов, как и штангенциркулей с нониусным отсчетом, является линейка-штанга, на которой нанесены две штриховые шкалы: одна – с интервалом деления 1 мм (метрическая система мер), другая – с интервалом деления 1 дюйм (королевская система мер). Общий вид инструментов изображен на рисунке 1 (справа).

Штанга выполнена с верхней и нижней неподвижными губками и пазом. По штанге перемещается рамка с верхней и нижней подвижными губками, глубиномером и аттестованным роликом. На рамке располагаются микропроцессор, блок питания, дисплей, зажимной винт и два переключателя. Один служит для установки показаний «на ноль», второй – для проведения измерений в метрической или королевской системах.

С помощью этих инструментов можно измерять размеры валов, отверстий, глубин и высот, они имеют точность измерений до 0,01 мм.

Перед началом измерений необходимо произвести поверку инструмента. Если инструмент имеет деформированные губки, игру рамки, забоины,

царапины, стертые штрихи, им пользоваться нельзя. Убедившись в исправности инструмента, необходимо открыть крышку гнезда блока питания пальцем правой руки, установить аккумулятор в гнездо и закрыть крышку. Затем необходимо убедиться в правильности нулевого показания инструмента. При соприкасающихся поверхностях нижних губок на дисплее должно быть нулевое значение. Если это условие не выполняется, необходимо нажать пальцем на кнопку, расположенную в нижней части рамки, и добиться, чтобы это условие было выполнено.

Переключением соответствующей кнопки можно выполнять измерения линейных размеров в метрической (мм) или королевской (дюйм) системах мер.

Технология измерения деталей (сборочных единиц) штангенциркулями с электронным отсчетом такая же, как и у аналогичных инструментов с нониусным отсчетом. Значения измерений высвечиваются на дисплее.

3. Погрешность измерения и выбор измерительных средств

Погрешность измерения равна совокупности погрешностей средства измерения (инструментальная погрешность), метода измерения и др.

На примере штангенциркуля рассмотрим инструментальную (основную) погрешность. Её причины – неточность делений штанги и нониуса, отклонение от плоскости и нарушение параллельности измерительных поверхностей, а также перпендикулярности измерительных поверхностей и направляющей грани штанги. Эта погрешность отдельно не нормируется, а входит в суммарную погрешность инструмента.

ГОСТ 8.051-81 «ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» регламентирует допускаемые погрешности измерений линейных параметров до 500 мм (для всех интервалов размеров и квалитетов). В зависимости от размера и точности изготовления детали стандартом устанавливается наибольшая допустимая погрешность измерения, которая включает погрешности средства измерения, установочных мер, температурных деформаций, базирования, а также случайные, неучтенные систематические погрешности измерения.

Выбор измерительных средств в общем случае зависит от пределов измерений, допускаемых погрешностей, конструктивных особенностей деталей, масштаба производства и др.

Нормальные условия, устанавливаемые ГОСТ 8.050-73 «ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений» (температура окружающей среды +20°C, атмосферное давление 101324,72 Па, относительная влажность воздуха 58% и т.д.), исключают дополнительные погрешности.

Задания для практической работы

Практическая работа. Проведение измерений различных поверхностей штангенинструментами.

Работа выполняется индивидуально.

Лабораторная работа производится в следующей последовательности.

1. Изучить теоретический материал, представленный в методических указаниях.

2. Ознакомиться с измеряемыми деталями. Для каждой детали вычертить эскиз.

3. Выбрать штангенциркули для измерения соответствующих параметров и внести их основные значения в таблицу (пример – табл. 2.1).

Таблица 2.1

Инструмент	Средство измерения			Обозначение
	Тип (модель)	Диапазон	Цена деления	
Штангенциркуль	ШЦ-I	0...150 мм	0,1 мм	Штангенциркуль ШЦ-I 0-150; 0,1 – ГОСТ 166-89

4. Измерить линейные размеры штангенинструментом с нониусным и / или электронным отсчетом, записать полученные данные в протокол измерений.

5. Измерить диаметр x деталей, т.е. провести прямые равноточные измерения, в итоге которых значение физической величины находят непосредственно из опытных данных, сравнив измеряемую величину с её мерой или используя измерительные средства, непосредственно дающие её значения.

Равноточными (равнорассеянными) называются прямые независимые измерения постоянной величины, результаты которых могут рассматриваться как случайные, распределенные по одному и тому же закону. В большинстве случаев при обработке прямых равноточных измерений исходят из предположения нормального закона распределения результатов и погрешностей измерений.

Статистические оценки находят, исходя из конкретного закона распределения случайной величины. Обычно предполагается, что диаметр (длина, ширина и т.п.), как случайная измеряемая величина, подчиняется закону нормального распределения.

6. Обработать результаты прямых измерений диаметра (длины), используя точечные оценки соответствующих им характеристик генеральной совокупности. Определить среднеарифметическое значение величины x , т.е. \bar{x} (математическое ожидание):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

Если известна систематическая погрешность и она постоянна, то ее исключают из найденной величины математического ожидания.

7. Вычислить среднеквадратичное отклонение (СКО) $\tilde{\sigma}$ преднеарифметического значения результатов измерений, характеризующего рассеивание, по формуле:

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \text{ при } n > 30 \quad (2.2)$$

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \text{ при } n < 30 \quad (2.3)$$

8. Исключить грубые погрешности (промахи). При однократных измерениях обнаружить грубую погрешность удается не всегда. При многократных измерениях для её обнаружения используют статистические критерии. При этом задаются вероятностью $q = 1 - P$ (уровнем значимости) того, что сомнительный результат, действительно, возможен в данной их совокупности.

При числе наблюдений $n > 20$ используют, как правило, критерий трех сигм (критерий Райта). По этому критерию, промахом считается результат наблюдения x_i , который отличается от среднего \bar{x} более чем на $3\tilde{\sigma}$, т.е. $|x_i - \bar{x}| > 3\tilde{\sigma}$. Вероятность такого результата $q < 0,003$ ($1 - 0,9973$). При малом числе наблюдений ($n < 20$) применяют критерий Романовского (критерий β):

$$\left| \frac{x_i - \bar{x}}{\tilde{\sigma}} \right| = \beta \quad (2.4)$$

Сначала вычисляют это отношение и сравнивают его с критерием β , зависящим от заданного уровня значимости q и числа n наблюдений (табл. 2.2). При $\beta \geq \beta_T$ результат считается промахом и не учитывается.

Таблица 2.2

Значения критерия Романовского β при числе измерений n от 4 до 20

Вероятность результата	Число измерений										
	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20
0,010	1,72	1,96	2,13	2,26	2,37	2,46	2,54	2,66	2,76	2,84	3,08
0,025	1,71	1,92	2,07	2,18	2,27	2,35	2,41	2,52	2,60	2,67	2,96
0,050	1,69	1,87	2,00	2,09	2,17	2,24	2,29	2,39	2,46	2,52	2,78
0,100	1,64	1,73	1,89	1,97	2,04	2,10	2,23	2,23	2,30	2,35	2,62

9. Определить границы доверительного интервала, в котором с заданной вероятностью (обеспеченностью) находится случайная погрешность среднеарифметического значения измеряемой величины. Формула расчета:

$$\Delta_{\text{сл.}} = \pm t \cdot \tilde{\sigma} \quad (2.5)$$

При числе наблюдений $n > 20$ значения коэффициента t определяют по таблицам функции Лапласа (табл. 2.3), а при $n < 20$ – по таблицам функции Стьюдента (табл. 2.4).

Таблица 2.3

Значения функции Лапласа

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0,0	0,0000	1,0	0,3413	2,0	0,4772
0,1	0,0398	1,1	0,3643	2,1	0,4821
0,2	0,0793	1,2	0,3849	2,2	0,4861
0,3	0,1179	1,3	0,4032	2,3	0,4893
0,4	0,1554	1,4	0,4192	2,4	0,4918
0,5	0,1915	1,5	0,4332	2,5	0,4938
0,6	0,2257	1,6	0,4452	2,6	0,4953
0,7	0,2580	1,7	0,4554	2,7	0,4965
0,8	0,2881	1,8	0,4641	2,8	0,4974
0,9	0,3159	1,9	0,4713	2,9	0,4981

Смысл понятий «доверительный интервал» и «доверительная вероятность» состоит в следующем: пусть доверительная вероятность $P = 0,95$, тогда с надежностью 95% можно утверждать, что истинное значение величины $x_{\text{ист.}}$ не отличается от оцениваемого больше чемна $\pm \Delta x_{\text{сл.}}$

Значения коэффициентов $t_{p,n}$ в зависимости от P и n представлены в табл. 2.4. Для того чтобы окончательно установить границы доверительного интервала необходимо расширить его с учетом систематической погрешности $\pm x_{\text{сист.}}$, которая, как правило, указана в паспорте или на шкале прибора, а в простейших случаях может быть принята равной половине цены деления младшего разряда шкалы.

Таблица 2.4

Значения коэффициента Стьюдента

$P=0,70$		$P=0,95$		$P=0,99$	
n	$t_{P,n}$	n	$t_{P,n}$	n	$t_{P,n}$
2	1,96	2	12,71	2	93,70
3	1,34	3	4,30	3	9,92
4	1,25	4	3,18	4	5,84
5	1,19	5	2,77	5	4,60
6	1,16	6	2,57	6	4,03
7	1,13	7	2,45	7	3,71
8	1,12	8	2,36	8	3,50
9	1,11	9	2,31	9	3,36
10	1,11	10	2,26	10	3,25
15	1,08	15	2,14	15	2,98
20	1,07	20	2,09	20	2,86
30	1,07	30	1,96	30	2,58
100	1,04	100	1,96	100	2,58

10. Оценить относительную погрешность измеряемой физической величины по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta_{\text{сл.}}}{\bar{x}} \quad (2.6)$$

11. Найти результат измерения по формуле:

$$x = \bar{x} + \Delta_{\text{сл.}} \quad (2.7)$$

На шкалах многих измерительных приборов указывается класс точности. Его условным обозначением является цифра, обведенная «кружком». Класс точности определяет абсолютную приборную погрешность в процентах от наибольшего значения величины, которое может быть измерено данным прибором.

Если класс точности на шкале прибора не указан, то абсолютную погрешность принимают равной половине цены наименьшего деления шкалы прибора.

При определении абсолютной погрешности прибора по цене деления нужно обращать внимание на метод измерения, а также на то, чем и как регистрируются результаты, каково расстояние между соседними штрихами на шкале прибора. При отсутствии каких-либо указателей (визиров и т.п.) приборная погрешность может быть принята равной цене деления, если указателем прибора является не плавно перемещающаяся, а «скачущая» стрелка (как, например, у ручного секундомера).

12. Оформить отчет

Содержание отчета:

- 1) название работы;
- 2) цели;
- 3) общие сведения о штангенинструментах;
- 4) эскизы деталей с указанием размеров;
- 5) результаты прямых измерений, определение среднеарифметического значения; границы доверительного интервала; значение относительной погрешности;
- 6) основные выводы.

13. Представьте на проверку преподавателю отчет о выполнении работы. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Объясните устройство штангенциркуля.
2. Назовите штангенинструменты, применяемые в ходе технических измерений.
3. Назовите нормальные условия окружающей среды, необходимые для линейных измерений (по ГОСТ 8.050-73 «ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений»).

4. Какие измерительные средства применяются для определения размеров внутренних поверхностей деталей?
5. Что называется погрешностью измерения?
6. Каково назначение шкалы нониуса штангенинструмента?
7. Назовите составляющие инструментальной погрешности штангенциркуля.
8. Какие измерения называются равноточными?
9. Как определяется абсолютная погрешность?
10. Как определяется относительная погрешность?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Теоретическая часть

1. Общие положения

Микрометр (рис. 3.1) состоит из следующих частей: скобы, пятки, стебля, микрометрического винта, барабана, трещотки и стопора. Скоба является основной частью: к ней крепятся остальные части микрометра. Пятка служит неподвижным упором при измерениях. Стебель представляет собой трубку, неподвижно соединенную со скобой. На стебле имеется шкала, которая состоит из риски, нанесенной вдоль образующей стебля, и штрихов, перпендикулярных к риску и нанесенных под ней и над ней. Штрихи под риской расположены через 1 мм, над риской – точно в середине, между нижними штрихами. Следовательно, расстояние по направлению риски (образующей) между любым нижним штрихом и следующим за ним верхним штрихом равно 0,5 мм.



Рис. 3.1. Микрометр

Конец микрометрического винта является подвижным упором. Стопор служит для зажима микрометрического винта в нужном положении. Барабан представляет собой муфту, надетую на стембель, левая часть его сточена на конус. Вся коническая поверхность барабана разделена на 50 равных частей штрихами, имеющими направление образующих конуса.

За один полный оборот барабана микрометрический винт, и вместе с ним барабан, продвинутся по направлению оси на 0,5 мм, т.е. на одно расстояние между соседними нижним и верхним штрихами шкалы стембля. Следовательно, при повороте барабана на одно деление скоса (на 1/50 часть полного оборота) микрометрический винт, а вместе с ним и барабан продвинутся вдоль оси на 1/50 часть от 0,5 мм, т.е. на 0,01 мм. Трещотка служит для ограничения давления микрометрического винта на измеряемую деталь.

Микрометры общего назначения (ГОСТ 6507-90 «Микрометры. Технические условия») подразделяются на следующие типы:

- МК – гладкие (для установления наружных размеров изделий);
- МЗ – зубомерные (для контроля длины общей нормали зубчатых колес);
- МТ – трубные (для измерения толщины стенок труб);
- МП – проволочные (для измерения проволоки).

Пример условного обозначения гладкого микрометра 1-го класса точности с диапазоном измерения 25-50 мм: микрометр МК-50-1 ГОСТ 6507-90.

Микрометры со вставками используются для специальных измерений и по ГОСТ 4380-93 «Микрометры со вставками. Технические условия» подразделяются на:

- МВМ – для измерения среднего диаметра метрической и дюймовой резьбы;
- МВТ – для измерения среднего диаметра трапецеидальной резьбы;
- МВП – с плоскими вставками (для измерения деталей из мягких материалов).

Пример условного обозначения резьбового микрометра с диапазоном измерений 0-25 мм: микрометр МВМ0-25 ГОСТ 4380-93.

Микрометрические глубиномеры («Глубиномеры микрометрические. Технические условия») изготавливаются 1-го и 2-го классов точности с диапазонами измерений 0-100, 0-150 мм.

Диапазоны измерений обеспечиваются набором сменных измерительных стержней. Пример условного обозначения микрометрического глубиномера с диапазоном измерений 0-100 мм: глубиномер ГМ100 ГОСТ 7470-92.

Микрометрические нутромеры (ГОСТ 10-88 «Нутромеры микрометрические. Технические условия») выпускаются с пределами измерения 0-75; 75-175; 75-600; 150-1250; 600-2500; 1250-4000; 2500-

6000 мм. Диапазон измерений достигается за счет сменных удлинительных стержней.

Микрометрический нутромер с верхним пределом измерений 175 мм обозначается следующим образом: нутромер НМ175 ГОСТ 10-88.

2. Порядок проведения измерений микрометром

При измерениях микрометром деталь помещают между пяткой и микрометрическим винтом. Затем поворачивают барабан с таким расчетом, чтобы микрометрический винт приблизился к детали, но не касался ее. Дальнейшее продвижение микрометрического винта осуществляется поворотом трещотки до тех пор, пока не послышится характерное потрескивание, показывающее, что микрометрический винт достаточно плотно прижат к поверхности детали. Тогда его застопоривают и читают получившееся значение размера.

Отсчет размера по микрометру производится так. Определяют количество видимых под рисккой делений шкалы стебля и полученное число делений умножают на 1 мм. Затем смотрят, не видно ли штриха над рисккой правее последнего нижнего штриха. Если такой штрих виден, то это означает, что к полученному числу надо еще прибавить 0,5 мм.

Далее определяют, какой штрих на коническом скосе барабана совпадает с горизонтальной линией шкалы стебля. Полученная цифра является количеством сотых долей миллиметра, которые прибавляют к ранее полученному числу миллиметров.

Размер, соответствующий положению барабана, изображенному на рис. 3.2 а, следующий:

- под рисккой расположены четыре полных деления шкалы – 4 мм,
- над рисккой не видно штриха правее нижнего правого штриха шкалы,
- на скосе барабана совпадает с рисккой штрих 42-го деления – 0,42 мм.

Сложив показания шкал, получим полный размер, равный 4,42 мм.

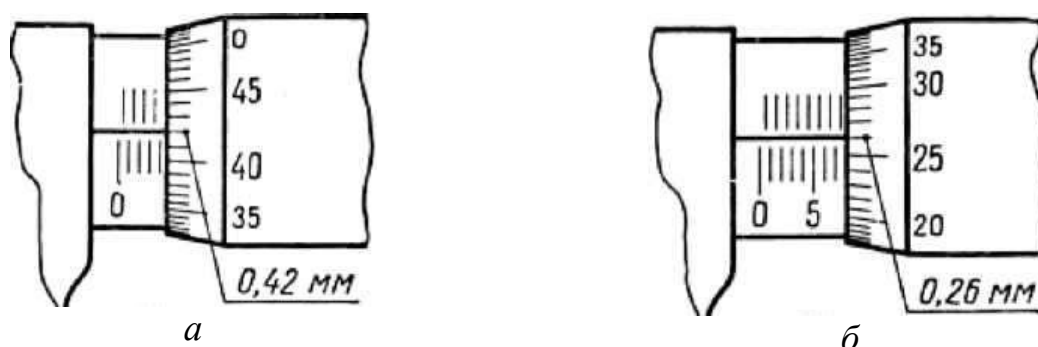


Рис. 3.2. Примеры снятия отсчетов с микрометра

Размер, соответствующий положению барабана, изображенному на рисунке 2 б, следующий:

- под рисккой расположены семь полных делений шкалы – 7 мм,

– над риской виден штрих правее нижнего правого штриха шкалы – 0,5 мм,

– на скосе барабана совпадает с риской штрих 26-го деления – 0,26 мм.

Сложив показания шкал, получим полный размер, равный 7,76 мм.

Погрешность измерения состоит из погрешности инструмента, погрешности метода измерения и др. Основная погрешность (инструментальная) микрометров обычно не превышает ± 5 мкм ($\pm 0,005$ мм). Под ней понимается величина отклонения результата измерения от эталона, полученная при поверке инструмента.

3. Методика статистической обработки результатов измерения

Одной из важнейших задач является оценка точности определенного технологического процесса изготовления детали. Такая оценка включает анализ точности изготовления деталей, установление влияния износа оборудования на точность размеров, проверку правильности настройки оборудования и т.д.

Оценка точности технологического процесса осуществляется с использованием математической статистики и теории вероятности.

Как при изготовлении, так и при измерении возникают две категории погрешностей: систематические и случайные. Систематическими называются погрешности, постоянные по величине и знаку или изменяющиеся по определенному закону в зависимости от характера неслучайных факторов.

Постоянные систематические погрешности могут являться следствием, например, неточной настройки оборудования, погрешности измерительного прибора и приспособления, отклонения рабочей температуры от нормальной и т.д. Такая погрешность при сохранении условий опыта имеет одну и ту же величину для каждой изготовленной или измеренной детали в партии.

Примером переменной систематической погрешности является возрастающая погрешность обработки, называемая износом режущего инструмента.

Во многих случаях причины систематических погрешностей могут быть обнаружены и устранены. Систематические погрешности изготовления, которые трудно устранить, должны учитываться допуском на размер и форму детали.

Случайными называются непостоянные по величине и знаку погрешности, которые возникают при изготовлении или измерении и принимают то или другое числовое значение в зависимости от случайно действующих причин. Характерным их признаком является вариация значений, принимаемых ими в повторных опытах. Эти погрешности вызываются множеством случайно изменяющихся факторов, таких как припуск на обработку, механические свойства материала, сила резания, измерительная сила и т.д., причем ни один из этих факторов не является доминирующим.

Случайные погрешности изготовления проявляются в рассеянии размеров деталей (однотипные детали имеют в одном и том же сечении различные размеры). Наличие случайных погрешностей измерений обнаруживается в том,

что при повторном измерении с одинаковой тщательностью одной и той же величины получаются разные числовые результаты. Полностью устранить случайные погрешности невозможно. Но их можно уменьшить, например, в результате более равномерного припуска на обработку, более равномерной твердости и структуры материала заготовок и т.д. Влияние случайных погрешностей учитывается допуском на размер или другой параметр. Значение каждой из случайных погрешностей невозможно заранее определить. С помощью методов теории вероятностей и математической статистики можно приблизительно оценить только пределы изменения и значение суммарной случайной погрешности.

Кроме рассмотренных погрешностей, приходится встречаться с грубыми ошибками, обусловленными действием факторов, в нормальных условиях не участвующих в процессе. Например, ошибка при измерении, неправильная настройка сменных колес и т.д. Эти ошибки обычно не учитываются.

Выявление погрешностей основывается на применении метода математической статистики и основных положений теории вероятности.

Таким методом является метод кривых нормального распределения. Построение и исследование кривых распределения позволяет в ряде случаев предсказать значения полей рассеивания погрешностей, основываясь на обследовании ранее обработанных деталей.

Выводы математической статистики основаны на законе больших чисел, согласно которому при увеличении числа наблюдений над однородными явлениями частность появления какого-либо события в прошлом приближается к вероятности появления его в будущем.

Порядок построения кривой распределения и обработки результатов измерения рассмотрим на примере.

Пример: Фактические размеры диаметра с восходящим рядом чисел партии деталей $n = 50$ шт. показаны в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Действительные размеры деталей (в мм)

7,920	7,935	7,940	7,957	7,960	7,965
7,970	7,970	7,972	7,975	7,975	7,980
7,980	7,982	7,985	7,985	7,988	7,988
7,900	7,991	7992	7,992	7,944	7,995
7,995	7,998	8,000	8,000	8,002	8,017
8,005	8,007	8,010	8,012	8,015	8,017
8,030	8,040	8,022	8,024	8,024	8,065
8,068	8,080	8,040	8,045	8,048	

Весь диапазон $x_{max} \dots x_{min}$ результатов наблюдений разделить на r интервалов шириной Δ ($i = 1, \dots, 2, \dots, r$) и определить частоты, равные числу

результатов, лежащих в каждом i -м интервале, т.е. меньше или равных его правой и больше левой границы.

Число интервалов выбирается в зависимости от числа наблюдений согласно рекомендациям табл. 3.2.

Принимаем интервал рассеивания равным 0,02 мм и разбиваем все размеры на группы, как показано в табл. 3.3.

Таблица 3.2

Зависимость числа интервалов от числа наблюдений

n	r
40 – 100	7 – 9
100 – 500	8 – 12
500 – 1000	10 – 16
1000 – 10000	12 – 22

Таблица 3.3

Распределение действительных размеров по интервалам

Интервалы	Частота, n	Вероятность, n/N
Свыше 7,910 до 7,930	1	0,02
7,930 до 7,950	2	0,04
7,950 до 7,970	5	0,10
7,970 до 7,990	11	0,22
7,990 до 8,010	14	0,28
8,010 до 8,030	10	0,20
8,030 до 8,050	4	0,08
8,050 до 8,070	2	0,04
8,070 до 8,090	1	0,02
	$\sum n = 50$	$\sum n/N = 1$

Абсолютная частота определяется числом деталей, находящихся в данном интервале размеров. Например, в интервале 7,930 – 7,950 находятся размеры: 7,935; 7,940, т.е. 2 детали и т.д.

Вероятность (частость) есть отношение количества деталей данного интервала (n) к общему количеству (N) деталей исследуемой партии 50 шт.

Например, в интервале размеров 8,010 – 8,030 имеется 10 деталей, вероятность которых составляет $n/N = 10/50 = 0,2$.

Сумма вероятностей составляет целую единицу, т.е. 100 % всех деталей партии.

Откладывая в масштабе по оси абсцисс размеры деталей или интервалы, а по оси ординат – вероятность (частость) для каждого интервала размеров и соединяя полученные точки плавной линией, получим кривую распределения.

Построить гистограмму наблюдений в виде графика в координатах $\frac{n_i}{N}$ - интервалы значений Δx_i (рис. 3.3). При построении гистограмм рекомендуется пользоваться следующими правилами:

– длины интервалов удобнее выбирать одинаковыми. Однако если распределение крайне неравномерно, то в области максимальной концентрации результатов наблюдений следует выбирать более узкие интервалы.

– масштабы по осям гистограммы должны быть такими, чтобы отношение ее высоты к основанию составляло примерно 5:8.

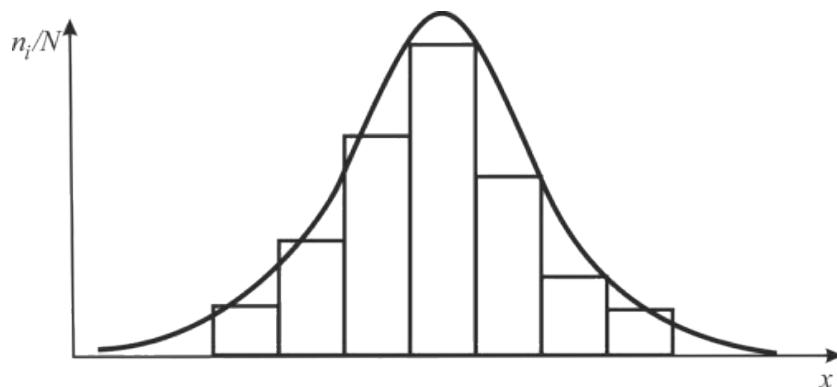


Рис. 3.3. Гистограмма распределения результатов измерений

Точность обработки партии деталей будет характеризоваться средним вероятным размером \bar{x} , средним квадратическим отклонением.

Среднее арифметическое значение действительных размеров определяется уравнением.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

где x_i – результат i -го наблюдения, n – число наблюдений.

Величину \bar{x} иногда называют средневзвешенной. Она определяет эмпирический центр группирования.

Рассеивание значений случайных величин в выборке относительно эмпирического центра группирования характеризуется эмпирическим средним квадратическим отклонением.

Среднее квадратичное отклонение погрешности (СКО):

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \text{ при } n > 30 \quad (3.2)$$

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \text{ при } n < 30 \quad (3.3)$$

Среднее квадратическое отклонение позволяет определить наибольшее рассеивание размеров, которое практически следует учитывать (границы поля рассеивания). В качестве такого предела приняты $\pm 3\tilde{\sigma} = 6\tilde{\sigma}$.

Вероятность получения размера в пределах $\pm 3\tilde{\sigma}$ составляет 99,73%; следовательно, риск получения размеров, выходящих за эти пределы, будет менее 0,3%.

Перечисленные выше погрешности влияют на форму и расположение кривой распределения размеров. Так, например, постоянная погрешность в пределах партии деталей не влияет на форму кривой, но смещает кривую по оси абсцисс. Погрешность, закономерно изменяющая свое значение в партии заготовок, окажет влияние на форму кривой, вследствие увеличения размаха распределения размеров, определяющего по оси абсцисс крайними значениями. Кривые распределения размера заготовок, обработанных при различных настройках станка или обмеренных не в одном сечении, получаются многовершинными.

Задания для практической работы

Практическая работа. Проведение измерений наружных и внутренних поверхностей детали микрометрическими инструментами

Работа выполняется индивидуально.

Практическая работа производится в следующей последовательности.

1. Изучить теоретический материал, представленный в методических указаниях.
2. Ознакомиться с измеряемыми деталями. Для каждой детали вычертить эскиз.
3. Изучить устройство микрометров. Внести основные параметры инструментов в таблицу (пример – табл. 3.4).

Таблица 3.4

Средство измерения

Инструмент	Тип (модель)	Диапазон	Цена деления	Обозначение
Микрометр	МК	0...50 мм	0,1 мм	Микрометр МК-50-I ГОСТ 6507-90

4. Провести измерения 30 однотипных деталей.
5. Проверить гипотезу о принадлежности результатов наблюдений нормальному распределению (построение гистограммы, определение эмпирического распределения) по схеме, изложенной в п. 3.
6. Оформить отчет
Содержание отчета:
 - 1) название работы;
 - 2) цели;
 - 3) общие сведения о микрометрических инструментах;
 - 4) эскизы деталей с указанием размеров;
 - 5) результаты прямых измерений,
 - 6) гистограмма,
 - 7) основные выводы.

7. Представьте на проверку преподавателю отчет о выполнении работы.

Контрольные вопросы

1. Объясните устройство микрометра, назовите основные узлы.
2. Назовите микрометрические инструменты, применяемые в ходе технических измерений.
3. Приведите пример обозначения гладкого микрометра с 1-го класса точности с пределами измерения от 0 до 25 мм.
4. Объясните принцип обозначения микрометров.
5. Какие типы микрометров Вы знаете?
6. Каким образом строится эмпирическое распределение?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Райкова, Елена Юрьевна. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник для СПО / Райкова Е. Ю. - Москва: Юрайт, 2021. - 349 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-11367-9: 769.00. URL: <https://urait.ru/bcode/469693>
2. Бузырев, Вячеслав Васильевич. Экономика отрасли: управление качеством в строительстве: Учебное пособие Для СПО / Бузырев В. В., Юденко М. Н.; под общ. ред. Юденко М.Н. - 2-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2021. - 198 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-10320-5 : 599.00. URL: <https://urait.ru/bcode/475588>
3. Горбашко, Елена Анатольевна. Управление качеством: Учебник Для СПО / Горбашко Е. А. - 4-е изд.; пер. и доп. - Москва: Юрайт, 2021. - 397 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-14893-0: 1079.00. URL: <https://urait.ru/bcode/484937>
4. Горленко, Олег Александрович. Статистические методы в управлении качеством: Учебник и практикум Для СПО / Горленко О. А., Борбаць Н. М.; под ред. Горленко О.А. - 2-е изд.; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2021. - 306 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-13780-4: 859.00. URL: <https://urait.ru/bcode/471815>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ПРОВЕДЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ И КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО СВОЙСТВАМ.....	3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИШАТНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ.....	19
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ.....	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	35

**МДК 01.01 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ НА КАЖДОЙ СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ПРОЦЕССА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 1-3
для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции,
процессов и услуг (по отраслям)» на базе основного общего образования всех
форм обучения

Составитель
Поцбнева Ирина Валерьевна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 28.12.2021.
Уч.-изд. л. 2,3.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84