

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.13 МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Направление подготовки (специальность):
27. 03. 04 Управление в технических системах

Профиль образовательной программы:
Интеллектуальные системы обработки информации и управления

Форма обучения: заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	2
Лекция № 1 Предмет, задачи и методика изучения курса "Метрология и измерительная техника". Основы метрологии. Физические величины и единицы их измерения.	2
Лекция № 2 Классификация и основные характеристики измерений. Погрешности измерения и их анализ.	5
Лекция № 3 Нормативная база в области стандартизации	8
2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ	13
Лабораторная работа ЛР-1. Назначение, устройство ПКМД, предельных калибров.	13
Лабораторная работа ЛР-2. Назначение, устройство и эксплуатация штангенинструментов.	26
Лабораторная работа ЛР-3 Назначение, устройство и эксплуатация микрометрических инструментов.	36
3. Методические материалы по проведению практических занятий	46
Практическое занятие № ПЗ-1 Основы метрологии.	46
Практическое занятие № ПЗ-2 Основы измерений физических величин.	47
Практическое занятие № ПЗ-2 Погрешности измерений	48

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Лекция №1 (2 часа).

Тема: « Предмет, задачи и методика изучения курса "Метрология и измерительная техника». Основы метрологии. Физические величины и единицы их измерения.

Вопросы лекции:

- 1.1 1. Основные понятия
- 1.2 Виды измерений
- 1.3 Методы измерений
- 1.4 Средства измерительной техники
- 1.5 Обеспечение единства измерений

Краткое содержание вопросов:

1. Основные понятия

Метрология – наука об измерениях (ДСТУ 2681).

Части метрологии:

- научно-теоретическая метрология;
- законодательная метрология;
- прикладная метрология.

Измерение – отображение физической величины ее значением путем эксперимента и вычислений с помощью специальных технических средств.

Принцип измерения – совокупность явлений, на которых основано измерение.

Метод измерения – способ использования принципов и средств измерений для получения измерительной информации (ИИ).

Методика измерений – совокупность процедур и правил для получения результатов с необходимой точностью.

Средства измерительной техники – технические средства для выполнения измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики.

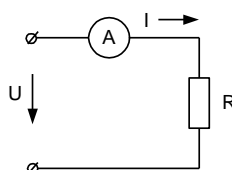
Электроизмерительная техника – совокупность электрических средств измерений и способов их применения для получения ИИ.

2. Виды измерений

- Прямые измерения: $X = X_{изм}$;

– измеряемая величина находится непосредственно по показанию прибора.

Пример:



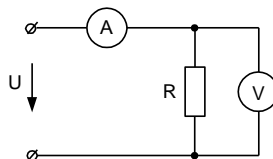
- Непрямые измерения:

- косвенные: $X = F(X_1, X_2; X_3 \dots)$;

– измеряемая величина находится по известной зависимости от других величин, измеренных прямым способом.

Пример:

$$R = \frac{U}{I}$$



Применяют:

- ✓ при отсутствии приборов прямого измерения;
- ✓ при невозможности применения приборов прямого измерения;
- ✓ если можно получить более высокую точность.

- совокупные:

$$\begin{cases} F_1(X_1, X_2; X_3 \dots) = 0, \\ F_2(X_1, X_2; X_3 \dots) = 0. \end{cases}$$

Пример:

измерение сопротивлений, соединенных в треугольник.

- совместные:

– для нахождения зависимости между величинами.

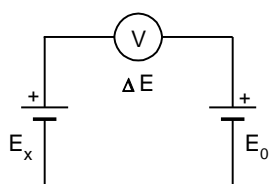
Пример: нахождение зависимости $R = R_0(1 + \alpha T)$.

3. Методы измерений

- метод непосредственной оценки;
- методы сравнения:

- сопоставления
 - измеряемая величина $X_{изм}$ сравнивается одновременно со всеми уровнями известной величины X_0 (меры);
- совпадения
 - $X_{изм}$ сравнивается с X_0 по совпадению отметок шкал или периодических сигналов.

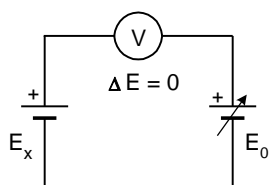
- дифференциальный



– измеряется разность между $X_{изм}$ и X_0 :

$$E_x = E_0 + \Delta E;$$

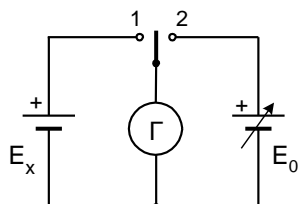
- уравнивания (нулевой)



– разность между $X_{изм}$ и регулируемой X_0 сводится к нулю:

$$E_x = E_0;$$

- замещения



– к прибору поочередно подключаются $X_{изм}$ и регулируемая X_0 :
при одинаковых показаниях прибора $E_x = E_0$.

4. Средства измерительной техники

- Средства измерений
 - измерительные приборы
*аналоговые, цифровые, виртуальные;
образцовые, рабочие;*
 - регистрирующие средства
регистрируют сигналы ИИ;
 - кодовые средства (АЦП)
преобразуют аналоговую ИИ в кодовый сигнал;
 - измерительные каналы
совокупность средств измерительной техники, средств связи и др. для создания сигнала ИИ одной измеряемой величины;
 - измерительные системы
совокупность измерительных каналов и измерительных устройств для создания ИИ нескольких измеряемых величин;

- Измерительные устройства
 - меры
эталоны, образцовые, рабочие;
 - измерительные преобразователи
*электрических, магнитных, неэлектр. величин;
масштабные, функциональные;
унифицированные;*
 - вычислительные компоненты
совокупность средств ВТ и программного обеспечения для выполнения
вычислений в процессе измерения.
4. Обеспечение единства измерений

Единство измерений означает, что результаты измерений выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью.

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) – комплекс государственных стандартов, устанавливающих правила, требования и нормы по организации и методике оценивания и обеспечения точности измерений.

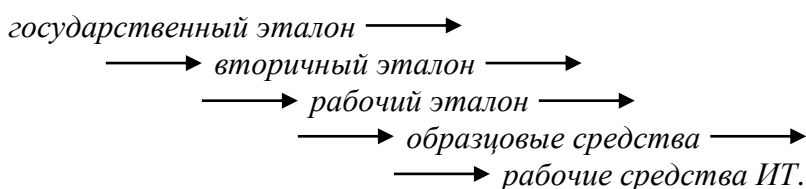
Основные положения ГСИ:

- результаты измерений должны выражаться в принятой системе единиц (системе СИ);
- форма представления результатов измерений должна содержать показатели точности;
- средства ИТ подлежат испытаниям при выпуске и обязательной *поверке* при эксплуатации.

Поверка – установление соответствия средств ИТ нормативным техническим требованиям.

Цель поверки – определение погрешностей и других метрологических характеристик, регламентированных ТУ.

Поверочные схемы для передачи размера единицы физической величины:



Лекции: №2 (2 часа)

Тема: Классификация и основные характеристики измерений. Погрешности измерения и их анализ.

Вопросы лекции:

1. Классификация измерений
2. Основные характеристики измерений

Краткое содержание вопросов:

Равноточные измерения— определенное количество измерений любой величины, произведенных аналогичными по точности средствами измерений в одинаковых условиях.

Неравноточные измерения— определенное количество измерений любой величины, произведенных отличными по точности средствами измерений и (или) в различных условиях.

Методы обработки равноточных и неравноточных измерений несколько отличаются.

Поэтому перед тем как начать обработку ряда измерений, обязательно нужно проверить, равноточные измерения или нет.

Это осуществляется с помощью статистической процедуры проверки по критерию согласия Фишера.

2. По числу измерений — однократные и многократные измерения.

Однократное измерение— измерение, произведенное один раз.

Многократное измерение— измерение одного размера величины, результат этого измерения получают из нескольких последующих однократных измерений (отсчетов).

Сколько нужно произвести измерений чтобы считать что мы произвели многократные измерения? Точно на это никто не ответит. Но мы знаем, что при помощи таблиц статистических распределений ряд измерений может быть исследован по правилам математической статистики при числе измерений $n \geq 4$. Поэтому считается, что измерение можно считать многократным при числе измерений не менее 4.

Во многих случаях, особенно в быту, производятся чаще всего однократные измерения. Как пример, измерение времени по часам как правило делают однократно. Однако при некоторых измерениях для убеждения в правильности результата однократного измерения может быть недостаточно. Поэтому часто и в быту рекомендуется проводить не одно, а несколько измерений. Например, ввиду нестабильности артериального давления человека при его контроле целесообразно проводить два или три измерения и за результат принимать их медиану. От многократных измерений двукратные и трехкратные измерения отличаются тем, что их точность не имеет смысла оценивать статистическими методами.

3. По характеру изменения измеряемой величины — статические и динамические измерения.

Динамическое измерение— измерение величины, размер которой изменяется с течением времени. Быстрое изменение размера измеряемой величины требует ее измерения с точнейшим определением момента времени. Например, измерение расстояния до уровня поверхности Земли с воздушного шара или измерение постоянного напряжения электрического тока. По существу динамическое измерение является измерением функциональной зависимости измеряемой величины от времени.

Статическое измерение— измерение величины, которая принимается в соответствии с поставленной измерительной задачей за неизменяющуюся на протяжении периода измерения. Например, измерение линейного размера изготовленного изделия при нормальной температуре можно считать статическим, поскольку колебания температуры в цехе на уровне десятых долей градуса вносят погрешность измерений не более 10 мкм/м, несущественную по сравнению с погрешностью изготовления детали. Поэтому в этой измерительной задаче можно считать измеряемую величину неизменной. При калибровке штриховой меры длины на государственном первичном эталоне термостатирование обеспечивает стабильность поддержания температуры на уровне 0,005 °С. Такие колебания температуры обуславливают в тысячу раз меньшую погрешность измерений — не более 0,01 мкм/м. Но в данной измерительной задаче она является существенной, и учет изменений температуры в процессе измерений становится условием обеспечения требуемой точности измерений. Поэтому эти измерения следует проводить по методике динамических измерений.

4. По цели измерения — технические и метрологические измерения.

Технические измерения— измерения с целью получения информации о свойствах материальных объектов, процессов и явлений окружающего мира.

Их производят, как пример, для контроля и управления экспериментальными разработками, контроля технологических параметров продукции или всевозможных производственных процессов, управления транспортными потоками, в медицине при постановке диагноза и лечении, контроля состояния экологии и др.

Технические измерения проводят, как правило, при помощи рабочих средств измерений. Однако нередко к проведению особо точных и ответственных уникальных измерительных экспериментов привлекают эталоны.

Метрологические измерения— измерения для реализации единства и необходимой точности технических измерений.

К ним относят:

- воспроизведение единиц и шкал физических величин первичными эталонами и передачу их размеров менее точным эталонам;
- калибровку средств измерений;
- измерения, производимые при калибровке или поверке средств измерений;
- другие измерения, выполняемые с этой целью (например, измерения при взаимных сличениях эталонов одинакового уровня точности) или удовлетворения других внутренних потребностей метрологии (например, измерения с целью уточнения фундаментальных физических констант и справочных стандартных сведений о свойствах материалов и веществ, измерения для подтверждения заявленных измерительных возможностей лабораторий).

Метрологические измерения проводят при помощи эталонов.

Очевидно, что продукция, предназначенная для потребления (промышленностью, сельским хозяйством, армией, государственными органами управления, населением и др.) создается с участием технических измерений. А система метрологических измерений — это инфраструктура системы технических измерений, необходимая для того, чтобы последняя могла существовать, развиваться и совершенствоваться.

5. По используемым размерам единиц — абсолютные и относительные измерения.

Относительное измерение— измерение отношения величины к одноименной величине, занимающее место единицы. Например, относительным измерением является определение активности радионуклида в источнике методом измерения ее отношения к активности радионуклида в ином источнике, аттестованном как эталонная мера величины.

Противоположным понятием является абсолютное измерение.

При проведении этого измерения в распоряжении экспериментатора не имеется единицы измеряемой величины. По этому приходится ее воспроизводить непосредственно в процессе измерений

2. Основные характеристики измерений

Контактный метод измерения основан на непосредственном контакте какой-либо части измерительного прибора с измеряемым объектом.

При бесконтактном методе измерения измерительный прибор не контактирует непосредственно с измеряемым объектом.

3. По приемам сравнения величины с ее мерой выделяют:

- 1) метод непосредственной оценки;
- 2) метод сравнения с ее единицей.

Метод непосредственной оценки основан на применении измерительного прибора, показывающего значение измеряемой величины.

Метод сравнения с мерой основан на сравнении объекта измерения с его мерой.

Принцип измерений — это некое физическое явление или их комплекс, на которых базируется измерение.

Погрешность измерения – это разность между результатом измерения величины и настоящим (действительным) значением этой величины.

Точность измерений – это характеристика, выражающая степень соответствия результатов измерения настоящему значению измеряемой величины.

Правильность измерения – это качественная характеристика измерения, которая определяется тем, насколько близка к нулю величина постоянной или фиксировано изменяющейся при многократных измерениях погрешности (систематическая погрешность).

Достоверность измерений – это характеристика, определяющая степень доверия к полученным результатам измерений.

Лекции: №3 (2 часа)

Тема: Нормативная база в области стандартизации

Вопросы лекции:

1. Понятие стандартизации
2. Нормативно-правовые основы стандартизации
3. Основные законодательные акты, принципы и задачи стандартизации
4. Функции стандартизации

Краткое содержание вопросов:

1. Понятие стандартизации
2. Нормативно-правовые основы стандартизации
3. Основные законодательные акты, принципы и задачи стандартизации
4. Функции стандартизации

Заключение

Список использованной литературы

Введение

Понятие стандартизация охватывает широкую область общественной деятельности, включающую в себя научные, технические, хозяйственные, экономические, юридические, эстетические, политические аспекты. Во всех странах развитие государственного хозяйства, повышение эффективности производства, улучшение качества продукции, рост жизненного уровня связаны с широким применением различных форм и методов стандартизации.

Правильно поставленная стандартизация способствует развитию специализации и кооперирования производства.

Стандартизация - установление и применение правил с целью упорядочения деятельности при участии всех заинтересованных сторон. Стандартизация должна обеспечить возможно полное удовлетворение интересов производителя и потребителя, повышение производительности труда, экономное расходование материалов, энергии, рабочего времени и гарантировать безопасность при производстве и эксплуатации.

Особое место в правовом регулировании стандартизации занимают государственные стандарты Государственной системы стандартизации (ГСС). Система представляет собой совокупность основополагающих государственных стандартов, определяющих практические правила и порядок разработки, построения, изложения, применения стандартов различных категорий и видов.

В результате, разрабатываемые к объектам стандартизации нормы, требования, правила и характеристики оформляются в виде нормативного документа.

1. Понятие стандартизации

Национальные стандарты отражают особенности и уровень научного и технического развития страны, в которой они разработаны и применяются.

Переход экономики России на рыночные отношения, либеризация внешнеэкономической деятельности предприятий, расширение прав и экономической деятельности самостоятельности субъектов хозяйственной деятельности, необходимость интеграции

России в мировое экономическое сообщество потребовало соответствующим образом обеспечить создание нормативно-правовой базы для формирования технического законодательства широко применяемого в промышленно развитых странах для государственного регулирования вопросов качества продукции, работ и услуг, обеспечения единого механизма реализации государственной политики по вопросам стандартизации. Содержание терминов стандартизации прошло длинный эволюционный путь. Уточнение этого термина происходило параллельно с развитием самой стандартизации и отражало достигнутый уровень ее развития на различных этапах. Общепринятым определением стандартизации является определение, принятое в Руководстве 2 ИСО/МЕГ.

Стандартизация - деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядоченности в определенной области, посредством установления положений для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих, или потенциальных задач.

В ФЗ тоже есть определение стандартизации.

Стандартизация - деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции, и повышения конкурентной способности продукции работ, ил услуг.

Таким образом, стандартизация - это деятельность, заключающаяся в нахождении решений для повторяющихся задач. Стандартизация необходима любому цивилизованному обществу. Без нее оно не может существовать.

Реформирование стандартизации связано с:

- дебюрократизацией российской экономики;
- направление на устранение технических барьеров в торговле;
- нацелено на повышение конкурентоспособности продукции и вступлением РФ в ВТО.

2. Нормативно-правовые основы стандартизации

В ходе стандартизации разрабатываются нормы, правила, требования, характеристики, относящиеся к объекту стандартизации, которые оформляются в виде нормативного документа.

Руководство ИСО / МЭК 2 представляет: стандарты, документы технических условий, своды правил, регламенты (технические регламенты), положения.

Свод правил может быть независимым стандартом либо независимым документом, а также частью стандарта. Свод правил обычно разрабатывается для процессов проектирования, монтажа оборудования и конструкций, технического обслуживания или эксплуатации объектов, конструкций, изделий.

Регламент - документ, в который включаются обязательные правовые нормы. Регламент принимает орган власти, а не орган по стандартизации, как в случае других нормативных документов.

Российская система стандартизации основывается на международный опыт, приближена к международным правилам, нормам и практике стандартизации, но имеет и собственный богатый опыт и свои черты.

Нормативные документы по стандартизации в РФ, установленные Законом РФ «О стандартизации», включают:

- 1) государственные стандарты РФ (ГОСТ ГОСТР);
- 2) отраслевые стандарты (ОСТ);
- 3) стандарты предприятий (СТП);
- 4) международные (региональные) стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации;
- 5) правила по стандартизации (ПР);
- 6) технические условия (ТУ);
- 7) стандарты общественных объединений - научно--технических, инженерных и др. (СТО);
- 8) рекомендации по сертификации (Р).

Кроме стандартов, нормативными документами являются также правила по стандартизации, рекомендации по стандартизации. Особенное требование предъявляется к нормативным документам на продукцию, которая в соответствии с российским законодательством подлежит обязательной сертификации.

Руководство ИСО / МЭК 2 рекомендует два основных способа применения нормативного документа:

- 1) непосредственное применение в соответствующей сфере (производстве, испытаниях, сертификации и т. д.);
- 2) введение его в другой нормативный документ. Применение международного стандарта может быть прямым или косвенным.

Обобщая международный опыт стандартизации, руководство ИСО/ МЭК 2, представляет следующие допустимые виды стандартов:

- 1) стандарт на продукцию;
- 2) основополагающий стандарт;
- 3) терминологический стандарт;
- 4) стандарт на совместимость;
- 5) стандарт на методы испытания;
- 6) стандарт с открытыми значениями;
- 7) стандарт на процесс, стандарт на услугу;
- 8) стандарт положения, методических положений, описательного положения.

Вопросы применения нормативных документов в России касаются:

- 1) применения национальных стандартов и других нормативных документов отечественными предприятиями и объектами хозяйственной деятельности;
- 2) использования международных, региональных нормативных документов и стандартов других стран в РФ;
- 3) использования нормативных документов на экспортируемую или импортируемую продукцию, а также применения отечественных стандартов зарубежными странами.

Нормативные документы содержат следующий характер требований: обязательные требования, подлежащие неукоснительному выполнению в соответствии с законом или действующим регламентом; альтернативные требования и положения.

В рамках правового обеспечения стандартизации Госстандарт России разрабатывает и вносит в учрежденном порядке в Правительство РФ проекты федеральных законов и других нормативных правовых актов по вопросам стандартизации.

3. Основные законодательные акты, принципы и задачи стандартизации

Правовые основы стандартизации в России установлены Законом Российской Федерации "О стандартизации". Положения Закона обязательны к выполнению всеми государственными органами управления, субъектами хозяйственной деятельности независимо от формы собственности, а также общественными объединениями.

Закон определяет меры государственной защиты интересов потребителей и государства через требования, правила, нормы, вносимые в государственные стандарты при их разработке, и государственный контроль выполнения обязательных требований стандартов при их применении.

Сущность стандартизации в РФ закон толкует как деятельность, направленную на определение норм, правил, требований, характеристик, которые должны обеспечивать безопасность продукции, работ и услуг, их техническую и информационную совместимость, взаимозаменяемость, качество продукции (услуг) в соответствии с достижениями научно-технического прогресса. Нормы и требования стандартов могут относиться также к безопасности хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях (например, природные и техногенные катастрофы); к обороноспособности и мобилизационной готовности страны.

Кроме данного закона, отношения в области стандартизации в России регулируются издаваемыми в соответствии с ним актами законодательства РФ, например, федеральным Законом "О внесении изменений и дополнений в законодательные акты Российской

Федерации в связи с принятием законов РФ "О стандартизации", "Об обеспечении единства измерений", "О сертификации продукции и услуг" (1995 г.); Постановлениями Правительства РФ, принятыми во исполнение Закона "О стандартизации", приказами Госстандарта РФ. Например, приказом Госстандарта РФ утвержден "Порядок проведения Госстандартом России Государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, правил обязательной сертификации и за сертифицированной продукцией".

Закон "О стандартизации" регламентирует:

- организацию работ по стандартизации,
- содержание и применение нормативных документов по стандартизации,
- информационное обеспечение работ по стандартизации,
- организацию и правила проведения государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований государственных стандартов,
- финансирование работ по государственной стандартизации, государственному контролю и надзору,
- стимулирование применения государственных стандартов,
- ответственность за нарушение положений Закона "О стандартизации".

На основании правовых норм закона определены принципы и задачи стандартизации в России.

Принципы стандартизации следующие:

- 1) целесообразность разработки стандарта определяется путем анализа его необходимости в социальном, экономическом и техническом аспектах;
- 2) приоритетным направлением стандартизации является безопасность объекта стандартизации для человека и окружающей среды, обеспечение совместимости и взаимозаменяемости продукции;
- 3) стандарты не должны быть техническим барьером в торговле. Для этого необходимо учитывать международные стандарты (и их проекты), правила, нормы международных организаций и национальные стандарты других стран; стандартизация законодательство сертификация
- 4) разработка стандарта должна быть основана на взаимном согласии заинтересованных и участвующих в ней сторон (консенсусе). При этом должно быть учтено мнение каждого по всем вопросам, представляющим взаимный интерес;
- 5) разработчики нормативных документов должны соблюдать: нормы законодательства, правила в области государственного контроля и надзора, взаимосвязанность объектов стандартизации с метрологией и с другими объектами стандартизации; оптимальность требований, норм и характеристик, включаемых в стандарты;
- 6) стандарты должны своевременно актуализироваться, чтобы не быть тормозом для научно-технического прогресса в стране;
- 7) обязательные требования стандартов должны быть проверяемы и пригодны для целей сертификации соответствия;
- 8) стандарты, применяемые на данных уровнях управления, не должны дублировать друг друга.

Эти принципы реализуются при выполнении определяемых основополагающими стандартами ГСС задач:

- обеспечение взаимопонимания между всеми заинтересованными сторонами;
- установление оптимальных требований к номенклатуре и качеству объекта стандартизации в интересах потребителя и государства;
- определение требований по безопасности, совместимости (конструктивной, электрической, электромагнитной, информационной, программной и др.), а также взаимозаменяемости - продукции;
- унификация конструктивных частей изделий;

- разработка метрологических норм и нормативно-техническое обеспечение измерений, испытаний, оценки качества и сертификации продукции;
- оптимизация технологических процессов с целью экономии материальных, энергетических и людских ресурсов;
- создание, ведение и гармонизация с международными правилами систем классификации и кодирования технико-экономической информации;
- организация системного обеспечения потребителей и всех заинтересованных сторон информацией о номенклатуре и качестве продукции, услуг, процессов путем создания системы каталогов и др.

Трудности, характерные для переходного периода в России, ставят перед стандартизацией и более узкие, конкретизированные задачи, к которым можно отнести насыщение рынка безопасными потребительскими товарами и установление цивилизованных барьеров поступлению на российский рынок некачественных импортируемых товаров. В этом направлении необходимо тесное взаимодействие стандартизации и сертификации.

В соответствии с Законом "О стандартизации" в РФ действует Государственная система стандартизации. Методологические вопросы ее организации и функционирования изложены в комплексе государственных основополагающих стандартов "Государственная система стандартизации Российской Федерации", новая редакция которого введена в действие с 1 апреля 1994 г. Данный комплекс включает документы:

- ГОСТ Р 1.0-92 "Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения";
- ГОСТ Р 1.2-92 "Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки Государственных стандартов";
- ГОСТ Р 1.4-93 "Государственная система стандартизации Российской Федерации. Стандарты отраслей, стандарты предприятий, научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений. Общие положения";

Стандарты отраслей, стандарты предприятий, научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений. Общие положения";

- ГОСТ Р 1.5-92 "Государственная система стандартизации Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов";
- ПР 50.1.001-93 "Правила согласования и утверждения технических условий".

Принятая в Российской Федерации система стандартизации обеспечивает и поддерживает в актуальном состоянии единый технический язык, унифицированные ряды важнейших технических характеристик продукции, систему строительных норм и правил; типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий для общего машиностроения и строительства; систему классификации технико-экономической информации, достоверные справочные данные о свойствах материалов и веществ.

4. Функции стандартизации

Стандартизация выступает нормативной основой обеспечения качества продукции, выполняя при этом три основные функции: экономическую, социальную и коммуникативную.

Экономическая функция позволяет заинтересованным сторонам получить достоверную информацию о продукции, причем в четкой и удобной форме. При заключении договора (контракта) ссылка на стандарт заменяет описание сведений о товаре и обязывает поставщика выполнять указанные требования и подтверждать их; в области инноваций анализ международных и прогрессивных национальных стандартов позволяет узнать и систематизировать сведения о техническом уровне продукции, современных методах испытаний, технологических процессах, а также (что немаловажно) исключить дублирование; стандартизация методов испытаний позволяет получить сопоставимые характеристики продуктов, что играет большую роль в оценке уровня конкурентоспособности товара (в данном случае технической конкурентоспособности); стандартизация технологических процессов, с одной стороны, способствует совершенствованию качества продукции, а с другой -- повышению эффективности управления производством.

Однако есть и другая сторона стандартного технологического процесса: возможность сравнительной оценки конкурентоспособности предприятия на перспективу. Постоянное применение только стандартизованных технологий не может обеспечить технологический прорыв, а стало быть, и передовые позиции на мировом рынке.

Экономическая функция стандартизации реализуется в следующих областях:

- представление в договорах (контрактах) достоверной информации о продукции в удобной и понятной форме;
- повышение качества и конкурентоспособности продукции; благодаря стандартизации основных параметров продукции становятся возможными проведение объективной оценки уровня ее качества, конкурентоспособности и, соответственно, разработка направлений их повышения;
- внедрение новой техники и уменьшение возможности дублирования разработок аналогичной техники;
- увеличение серийности и масштабов производства, способствующее повышению производительности труда и снижению себестоимости продукции;
- взаимозаменяемость и совместимость; стандартизация обеспечивает совпадение размеров и допусков отдельных деталей, возможность совместного использования различных видов продукции;
- эффективное управление производством; стандартизация производственных процессов и контроль за их ходом создают необходимые предпосылки для достижения заданного уровня качества при оптимальных затратах.

Социальная функция стандартизации заключается в том, что необходимо стремиться включать в стандарты и достигать в производстве такие показатели качества объекта стандартизации, которые содействуют здравоохранению, санитарно-гигиеническим нормам, безопасности в использовании и возможности экологичной утилизации продукта.

Коммуникативная функция связана с достижением взаимопонимания в обществе через обмен информацией. Для этого нужны стандартизованные термины, трактовки понятий, символы, единые правила делопроизводства и т.п.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

ЛР-1 Основы метрологии.

1.1 Практическое занятие № ЛР-1(2 часа).

1.2 Тема: «Назначение, устройство ПКМД, предельных калибров.»

Цель работы: Приобрести навыки в настройке регулируемых калибров-скоб для контроля заданного размера вала по ПКМД.

1.3 Задачи работы:

Изучить назначение, устройство, правила пользования ПКМД. Изучить назначение, устройство, правила пользования предельными калибрами для контроля деталей гладких цилиндрических соединений, порядок построения схемы полей допусков калибров и определения их размеров. Настроить регулируемую калибр-скобу для контроля заданного размера вала.

Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Набор плоскопараллельных концевых мер длины №1
2. Регулируемая калибр – скоба.

1.4 Описание (ход) работы:

4.1. Изучить назначение, устройство, правила пользования ПКМД и калибров

Плоскопараллельные концевые меры длины (ПКМД)

В машиностроении нашли широкое применение ПКМД. К ПКМД условно могут отнесены установочные меры к микрометрам, калибр – пластины, щупы, установочные меры к микрометрическим нутромерам, калиброванные кольца.

Плоскопараллельные концевые меры длины предназначены для хранения и воспроизведения единицы длины в соответствии с государственной поверочной схемой, для поверки и градуировки мер и измерительных приборов, для установки приборов на ноль при измерениях методом сравнения с мерой, для непосредственных измерений высокоточных размеров изделий, при точных разметках изделий, при точных лекальных, слесарных, сборочных и регулировочных работах. ПКМД являются основным средством обеспечения единства линейных измерений в машиностроении.

ПКМД изготавливают в виде прямоугольного параллелепипеда. За длину концевой меры длины принимают длину перпендикуляра АВ (рис. 1.1), опущенного из данной точки измерительной поверхности концевой меры на противоположную измерительную поверхность. Обе измерительные поверхности отличаются от других поверхностей ПКМД малой шероховатостью (среднее арифметическое отклонение профиля $R_a \leq 0,016$ мкм).

В зависимости от точности изготовления ПКМД, т. е. от отклонения длины концевой меры от номинальной и от отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей, их относят к классам точности: 00; 01; 0; 1; 2; 3 (меры из стали) и 00; 0; 1; 2; 3 (меры из твердого сплава). После ремонта ПКМД могут быть отнесены к классам точности 4 и 5. В зависимости от точности аттестации в органах метрологической службы ПКМД подразделяют на пять разрядов: первый, второй, третий, четвертый, пятый.

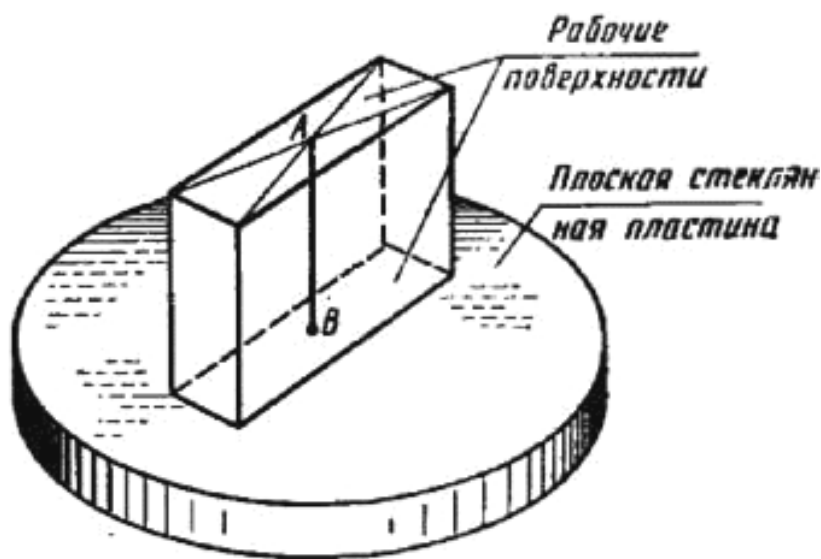


Рис. 1.1. Рабочий размер концевой меры

Особым свойством ПКМД является их притираемость – свойство измерительных поверхностей концевых мер обеспечивать прочное сцепление между собой, а также с металлической, стеклянной или кварцевой пластинами при прикладывании или надвигании одной концевой меры на другую.

ПКМД выпускаются наборами №1...№19 и спецнаборами №20...№22, которые отличаются друг от друга количеством мер, размерами мер и градацией их. Наиболее распространенными являются наборы №1 (87 мер), №6 (11 мер) и №16 (19 мер). На рис. 1.2 представлен набор из 87 концевых мер.

При работе с ПКМД в общем случае, если в наборе нет меры требуемого номинального размера, составляют блок из возможно меньшего числа мер, для чего сначала рассчитывают и подбирают концевые меры длины.

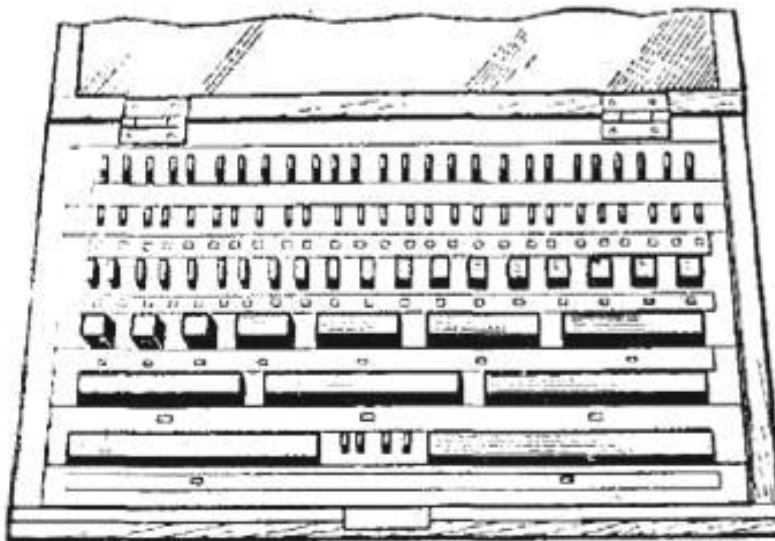


Рис. 1.2. Набор из 87 концевых мер

Расчет размеров плоскопараллельных концевых мер для составления их в блоки

Определение номинальных размеров мер для составления блока ПКМД начинают с концевой меры, у которой размер совпадает несколькими (или одной) последними цифрами с размером блока. Затем из размера блока вычитывают размер первой меры и берут вторую меру, совпадающую несколькими (или одной) последними цифрами с остатком. Дальнейший расчет проводится в той же последовательности, что обеспечивает наименьшее количество мер в блоке и повышает точность размеров блоков.

Примеры расчета размеров плоскопараллельных концевых мер.

При наборе из 87 мер

Составить блок размером 49,48 мм		Составить блок размером 37,875 мм	
1-я мера	1,48 мм	1-я мера	1,005 мм
остаток	48 мм	остаток	36,87 мм
2-я мера	8 мм	2-я мера	1,37 мм
остаток	40 мм	остаток	35,5 мм
3-я мера	40 мм	3-я мера	5,5 мм
		остаток	30 мм
		4-я мера	30 мм
Проверка: 1,48 мм + 8 мм + 40 мм = 49,48 мм		Проверка: 1,005 мм + 1,37 мм + 5,5 мм + 30 мм = 37,875 мм	

Выбранные для составления блока ПКМД предварительно очищают от смазки, промывают бензином и вытирают насухо чистой салфеткой. Подготовленные для блока ПКМД притирают при их относительном перемещении под небольшим давлением (рис.1.3).

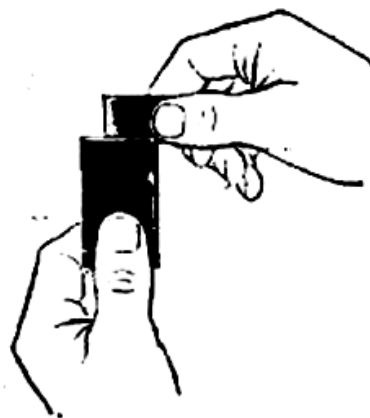


Рис. 1.3. Составление блоков из ПКМД

При составлении блока сначала притирают меры с номинальными размерами, выраженными целыми числами миллиметров, а затем притирают к ним концевые меры длины в порядке нарастания числа десятичных знаков в обозначении их размера.

После окончания работы с блоком ПКМД его разбирают, концевые меры длины вторично промывают бензином, протирают салфеткой, смазывают и укладывают в футляры.

ПКМД, служащие для поверки и градуировки средств измерения, называют образцовыми.

К концевым мерам длины поставляются наборы принадлежностей, расширяющих область применения ПКМД (рис. 1.4).

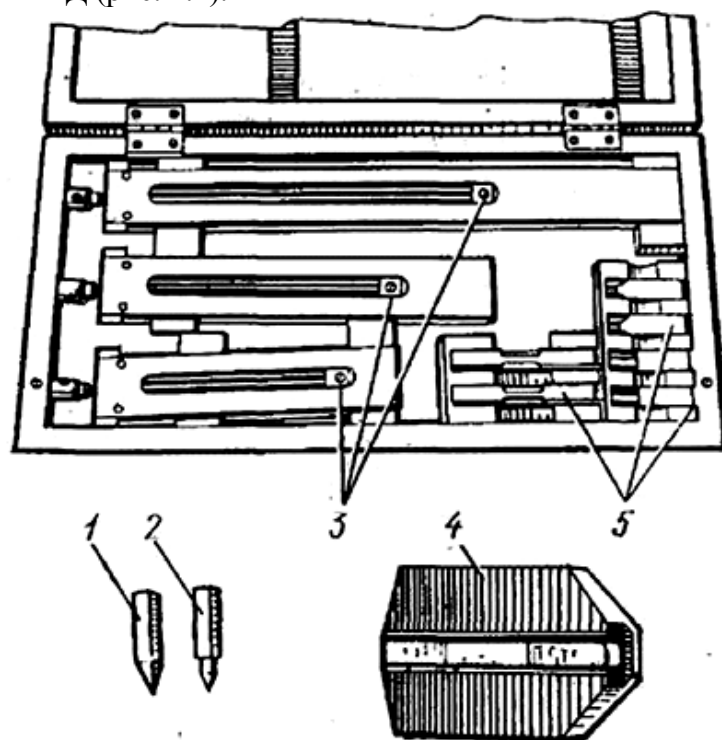


Рис. 1.4. Принадлежности к концевым мерам:

*1 – чертильный боковик; 2 – центровый боковик; 3 – державки;
4 – основание; 5 – радиусные боковики*

Некоторые примеры применения ПКМД и их принадлежностей представлены на рис. 1.5...1.9.

При проверке скобы (рис. 1.5) блоки концевых мер требуемых размеров (соответствующих наибольшему и наименьшему предельным размерам скобы) вводят между проверяемыми плоскостями и определяют плотность сопряжения.



Рис. 1.5. Проверка скобы блоком концевых мер

При наличии зазора или чрезмерно плотного соединения изменяется размер блока мер и проверку производят повторно. Действительным размером скобы будет являться тот блок, который удерживается под действием собственной массы, но при уменьшении на 1 мкм выпадает.

При проверке предела допускаемой погрешности микрометра (рис. 1.6) сопоставляют его показания с размерами блоков мер.

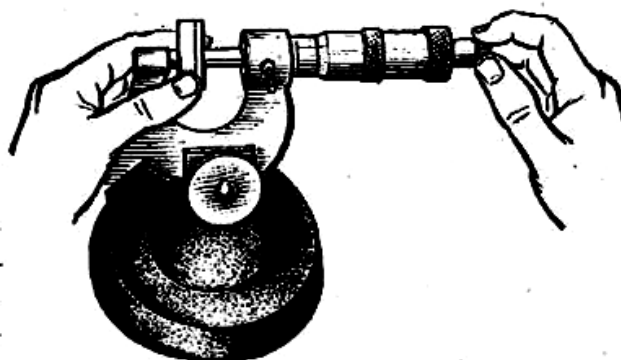


Рис. 1.6. Проверка микрометра

При наличии зазора или чрезмерного плотного соединения изменяют размер блока мер и проверку производят повторно.

При внутренних измерениях к размеру блока мер прибавляют толщину двух боковиков. При помощи державки и блоков мер, закрепленных между боковиками можно измерять точные размеры валов.

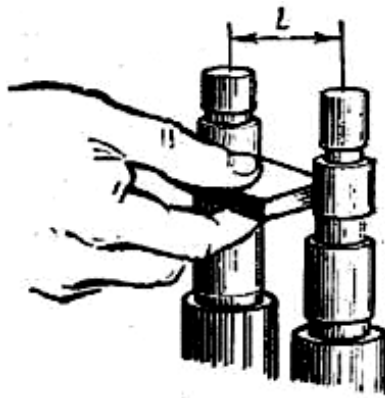


Рис. 1.7. Измерение расстояния между осями валиков

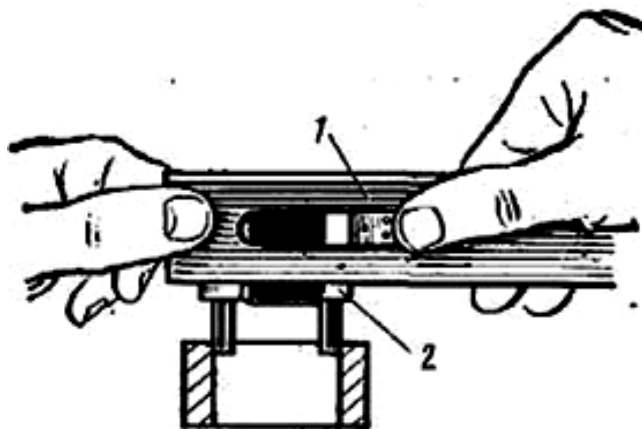


Рис. 1.8. Контроль размера отверстия с помощью державки и боковиков:
1 – державка; 2 – радиусный боковик

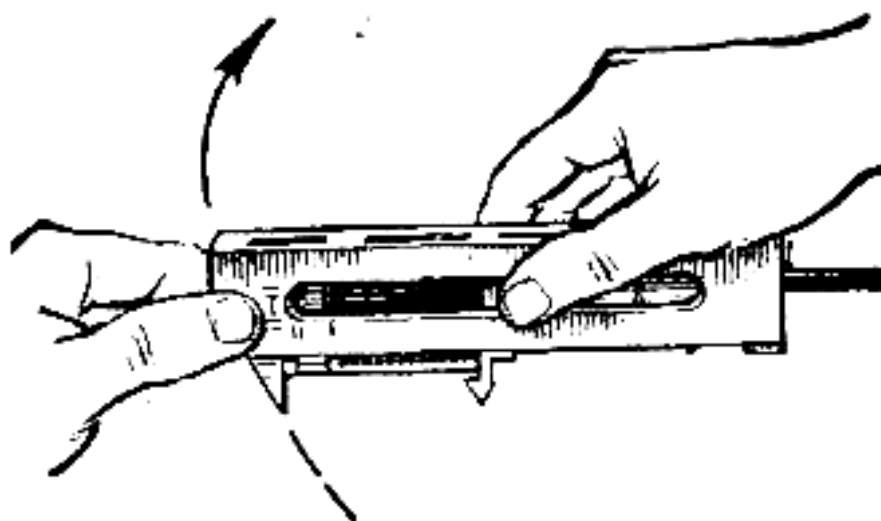


Рис. 1.9. Разметка на плоскости

Калибры для гладких цилиндрических соединений

При серийном и массовом производствах для контроля деталей в машиностроении широко применяются калибры.

Калибры – средства контроля, предназначенные для проверки соответствия действительных значений геометрических параметров их предписанным значениям. При контроле калибрами числовые значения геометрических параметров не определяются, а устанавливается – находятся ли действительные значения геометрических параметров в пределах допуска или выходят за его границы.

Наиболее часто при контроле деталей используются предельные калибры.

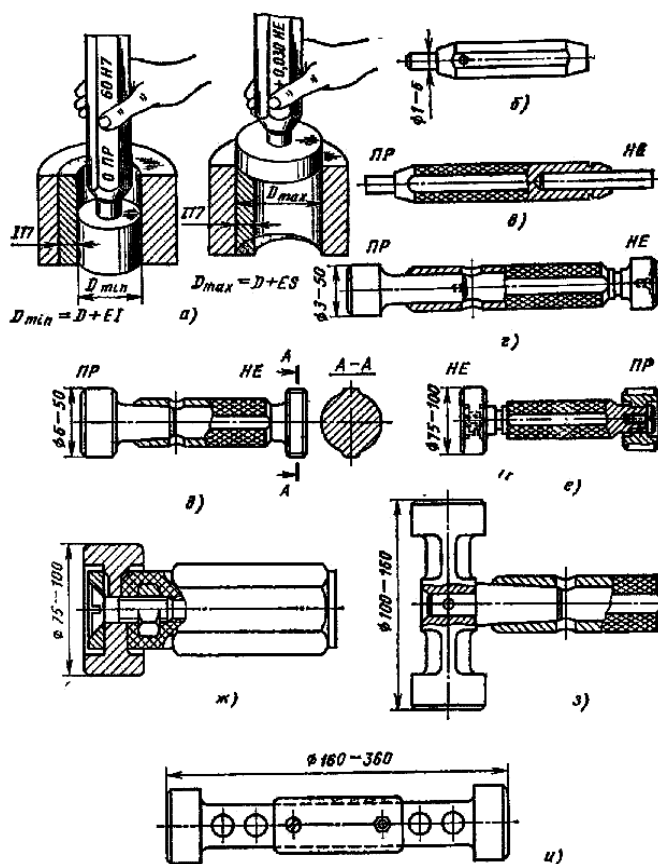
Предельные калибры – калибры, номинальные размеры которых соответствуют наибольшему и наименьшему предельным размерам изделий.

Калибры для контроля гладких валов и отверстий подразделяют на **проходные** (обозначают ПР) и **непроходные** (обозначают НЕ).

Гладкие калибры для контроля отверстий выполняют в форме цилиндров (прототип контролируемого отверстия), поэтому их называют **пробками**. Калибр – пробка ПР отличается от калибра – пробки НЕ значительно большей высотой цилиндра.

Калибры – пробки изготавливает завод «Калибр» для контроля размеров отверстий 6 – 16-го квалитетов диаметром 1 – 360 мм (рис. 1.10).

Калибры – пробки для контроля отверстий диаметром 1 – 100 мм имеют хромированные рабочие поверхности, что повышает их срок службы в 3 – 4 раза по сравнению с нехромированными калибрами. Калибры для контроля отверстий диаметром 50 – 100 мм изготавливают с насадками. По мере износа заходной части рабочей поверхности насадки ее поворачивают изношенной стороной к ручке, что также повышает срок службы калибра.



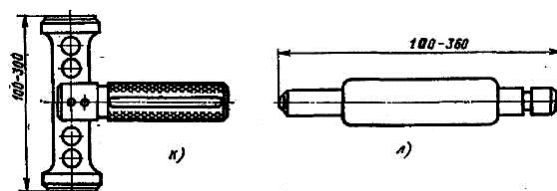
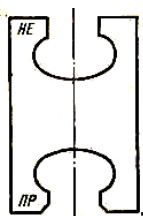


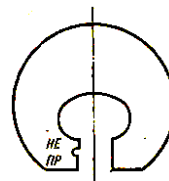
Рис. 1.10. Контроль отверстия (а) гладкими калибрами – пробками и их конструкции:

б – односторонний со вставкой; в, д – двусторонний со вставками ПР и НЕ; е – двусторонний с насадками ПР и НЕ; ж – односторонний с насадкой; з – неполный штампованный; и – неполный с накладками; к – неполный ПР и НЕ; л – сферический нутромер НЕ

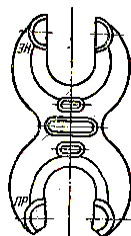
Гладкие калибры для контроля валов выполняют по форме **кольца** с внутренней цилиндрической измерительной поверхностью и в виде **скобы**. Преимущественное распространение получили не калибры – кольца, а калибры-скобы, позволяющие контролировать размеры валов без снятия их со станка. Калибрами – скобами контролируют коленчатые валы и другие детали сложной формы. Калибры – скобы выпускает Челябинский инструментальный завод. Некоторые конструкции калибров скоб приведены на рис. 1.11.



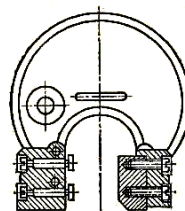
Скоба листовая двусторонняя
от 1 до 50 мм



Скоба листовая односторонняя
от 1 до 180 мм



Скоба штампованная двусторонняя
от 3 до 100 мм



Скоба регулируемая
от 0 до 330 мм

Рис. 1.11. Калибры – скобы для контроля валов

Для контроля валов используются нерегулируемые или регулируемые скобы. Регулируемые калибры – скобы обладают меньшей точностью по сравнению с нерегулируемыми, поэтому они применяются для контроля размеров валов, изготовленных по 8-му качеству и грубее. Регулируемые скобы можно переналадить на другой размер (в пределах 6...16 мм) или восстановить размер их по мере износа вставок.

При контроле предельными калибрами – пробками они вводятся в контролируемое отверстие. Если проходной калибр (ПР) входит в отверстие и непроходной – не входит, то деталь по данному размеру будет годной. При контроле предельными калибрами – скобами (ПР и НЕ) они надвигаются на вал. При годном вале проходной калибр – скоба должен находить на вал и непроходной калибр – скоба не находить на вал. При нарушении этих условий вал бракуется.

Для контроля калибров-скоб используют контр – калибры (контрольные калибры – пробки): К-НЕ – контрольный калибр для контроля рабочих непроходных калибров-скоб;

К–ПР – контрольный калибр для контроля рабочих проходных калибров – скоб; К–И – контрольный калибр для контроля изношенных рабочих проходных калибров-скоб.

При изготовлении деталей при их контроле пользуются рабочими проходными (Р–ПР) и рабочими непроходными (Р–НЕ) калибрами-пробками или калибрами-скобами.

При маркировке калибров указывают: номинальное значение контролируемого размера, условное обозначение поля допуска и числовые значения его предельных отклонений, назначение калибра (ПР, НЕ, К–НЕ, К–ПР, К–И) и товарный знак предприятия – изготовителя.

Например, на калибре – пробке отмечено – Ø25Н7. Следовательно, данный калибр предназначен для контроля размера отверстия Ø25Н7.

Допуски калибров. Допуски и отклонения размеров калибров нормируются ГОСТ 24853 – 81 (для контроля размеров отверстий и валов до 500 мм).

При построении схемы полей допусков калибров учитывается, что предельные калибры для контроля деталей изготавливают по соответствующим предельным размерам деталей, относительно которых строятся поля допусков калибров. Проходную сторону пробки изготавливают по наименьшему предельному размеру контролируемого отверстия, а непроходную – по наибольшему предельному размеру. Проходную сторону скобы изготавливают по наибольшему предельному размеру вала, а непроходную – по наименьшему предельному размеру.

Указанные предельные размеры контролируемых отверстий и валов являются соответственно номинальными размерами проходных и непроходных калибров-пробок и калибров-скоб. Например, номинальным размером проходного калибра- пробки является наименьший предельный размер контролируемого отверстия и поле допуска данного калибра строится относительно нулевой линии, проведенной через нижнюю границу поля допуска отверстия (рис. 1.12).

Порядок построения схем полей допусков рабочих калибров следующий:

1. Строится схема поля допуска контролируемого размера отверстия или вала.
2. По таблицам ГОСТа 24853-81 определяются допуски и отклонения калибров (Н, Н₁, Z, Z₁, Y, Y₁).
3. Строится схема полей допусков калибров относительно их номинальных размеров.

Примеры схем расположения полей допусков калибров для контроля отверстий и валов приводятся на рис. 1.12 и рис. 1.13.

На рисунках 1.12 и 1.13 приняты следующие обозначения:

Н – допуск на изготовление калибров для отверстия;

Z – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера контролируемого изделия;

Y – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия;

Н₁ – допуск на изготовление калибров для вала;

Z₁ – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наибольшего предельного размера контролируемого изделия;

Y₁ – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия.

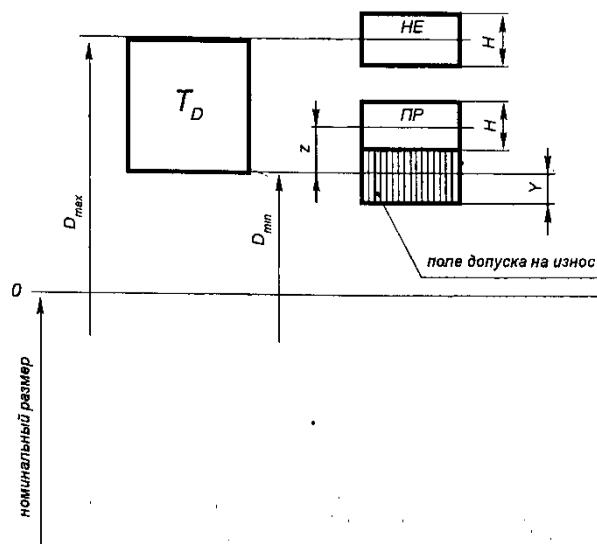


Рис. 1.12. Схема расположения полей допусков калибров для контроля отверстий изготовленных по квалитетам 6, 7 и 8 при номинальных размерах до 180 мм (для размеров отверстий изготовленных по квалитетам от 9 до 17, $Y = 0$)

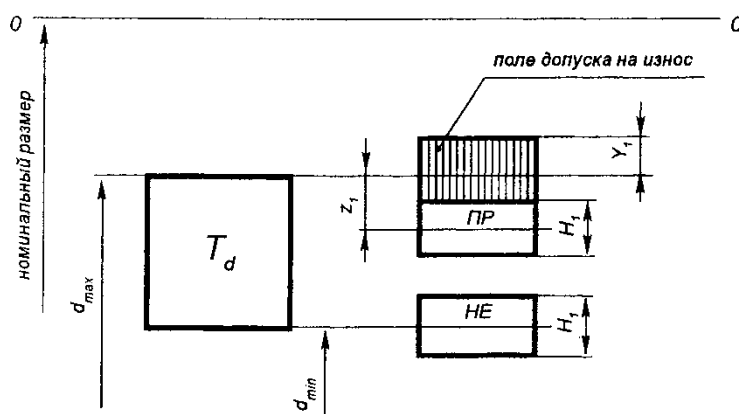


Рис. 1.13. Схема расположения полей допусков калибров для контроля валов изготовленных по квалитетам 6, 7 и 8 при номинальных размерах до 180 мм (для размеров валов изготовленных по квалитетам от 8 до 17, $Y = 0$)

Предельные размеры калибров – пробок определяются по уравнениям:

$$\text{ПР:} \quad d_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2}, \quad (1.1)$$

$$d_{\min} = D_{\min} + Z - \frac{H}{2}, \quad (1.2)$$

$$d_{\min}^{\text{изн}} = D_{\min} - Y. \quad (1.3)$$

$$\text{НЕ:} \quad d_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2}, \quad (1.4)$$

$$d_{\min} = D_{\max} - \frac{H}{2}. \quad (1.5)$$

Предельные размеры калибров – скоб определяются из уравнений:

$$\text{ПР:} \quad L_{\max} = d_{\max} - Z_1 + \frac{H_1}{2}, \quad (1.6)$$

$$L_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}, \quad (1.7)$$

$$L_{\max}^{изн} = d_{\max} + Y_1. \quad (1.8)$$

$$\text{НЕ: } L_{\max} = d_{\min} + \frac{H_1}{2}, \quad (1.9)$$

$$L_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2}. \quad (1.10)$$

4.2. Настройка регулируемых калибров – скоб для контроля заданного размера вала.

По конструктивному оформлению регулируемые скобы делятся на четыре типа (рис. 1.14).

В скобах первого типа (рис. 1.14, а) правая губка представляет собой плоскую вставку 6, прикрепленную к корпусу винтами. Регулированию подвергаются только левые цилиндрические вставки, для которых в корпусе скобы высверлены гнезда. В скобах второго типа (рис. 1.14, б) вместо неподвижной плоской вставки запрессованы в два гнезда цилиндрические вставки 7. У данных скоб также регулируются только левые вставки. У скоб третьего и четвертого типов (рис. 1.14, в и г) можно регулировать как левые, так и правые вставки.

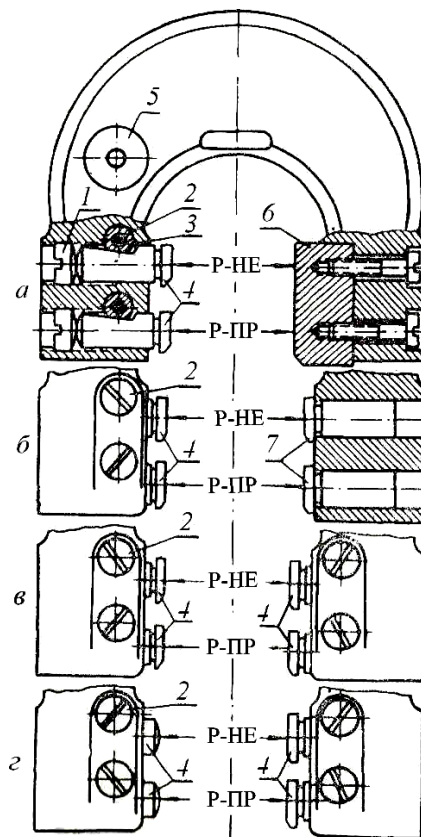


Рис. 1.14. Типы регулируемых скоб:

а – с неподвижной плоской губкой; б – с запрессованными (с правой стороны) цилиндрическими вставками; в – с двусторонней регулировкой; г – с вставками со сферическими головками; 1 – установочный винт; 2 – затяжной винт; 3 – затяжная втулка; 4 – вставка; 5 – маркировочная шайба; 6 – плоская вставка; 7 – цилиндрическая вставка

Поверхности правых вставок устанавливают так, чтобы они лежали примерно в одной плоскости. Установку на предельные размеры проводят перемещением левых вставок.

Узел перемещения вставок представлен на рис. 1.15.

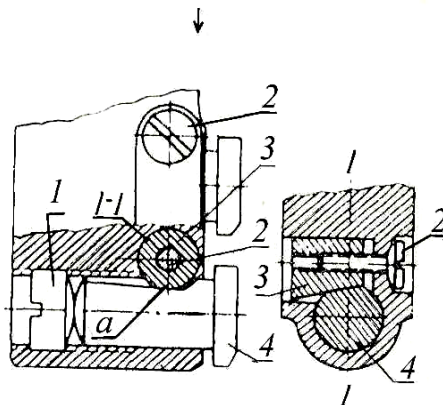


Рис. 1.15. Узел перемещения вставок:

1 – установочный винт; 2 – затяжной винт; 3 – затяжная втулка; 4 – вставка

Перемещение вставок 4 в сторону уменьшения размера (вправо) производят установочным винтом 1 (рис. 1.14, а и рис. 1.15). Для обратного перемещения нажимают на вставку со стороны головки или сферической поверхности. Чтобы вставка легко перемещалась, необходимо освободить затяжной винт 2 и, нажимая на него отверткой сверху, отжать затяжную втулку 3. Установленную на необходимый размер вставку фиксируют втулкой 3, подтягивая винт 2. Втулка 3, находя своей лыской на лыску вставки 4, действует как клин и зажимает вставку с усилием, значительно превышающим осевое усилие винта.

Порядок выполнения задания

Исходные данные для настройки скобы – размер контролируемого вала с условным обозначением поля его допуска.

1. По таблицам ГОСТа 25347 – 82 установить предельные отклонения вала.
2. По таблицам ГОСТа 24853 – 81 определить допуски и отклонения калибров скоб (H_1 , Z_1 , Y_1) для контроля заданного размера вала.
3. Построить схему расположения полей допусков калибров – скоб для контроля размера вала относительно границ поля допуска контролируемого размера (см. рис. 1.13).
4. Установить проходной размер скобы L^{IP} по размеру блока концевых мер, равному

$$L^{IP} = \frac{L_{\max}^{IP} + L_{\min}^{IP}}{2} \quad (1.11)$$

L_{\max}^{IP} и L_{\min}^{IP} определяются по формулам 1.6 и 1.7.

а) уложить скобу на стол так, чтобы головки затяжных винтов 2 (рис. 1.14) занимали верхнее положение;

б) ослабить отверткой затяжные винты и нажать на них сверху. Затяжная втулка 3 (рис. 1.15) опустится вниз и освободит вставку 4, которую можно будет легко перемещать вдоль гнезда в любую сторону. До ослабления затяжной втулки 3, пользоваться установочным винтом 1 нельзя, т.к. вставку можно так сильно затянуть, что ее будет трудно освободить или у нее может быть сорвана резьба;

в) проверить установку базисных вставок (если они установлены верно, их установку не следует сбивать). У скоб, размер которых меньше 50 мм, правые вставки устанавливают при помощи лекальной линейки или концевых мер так, чтобы их измерительные поверхности лежали в одной плоскости. Об этом судят по просвету между гранью лекальной линейки (или плоскостью концевых мер) и плоскостью вставок. У скоб, размер которых больше 50 мм, базисные вставки устанавливают так, чтобы измерительные поверхности вставок непроходного размера выдвигались над поверхностью вставок проходного размера на расстояние, приблизительно равное половине допуска. Эту разницу в установке вставок

оценивают щупом соответствующей толщины. Базисные вставки закрепляют затяжными винтами;

г) перевернуть скобу на другую сторону и, взяв ее так, как на рис. 1.16, осторожно отвернуть установочный винт проходной вставки 4 (рис. 1.15) настолько, чтобы скоба, надвигаемая на блок мер плавно опускалась под действием силы тяжести вдоль плоскостей головок вставок. После этого закрепить затяжные винты.

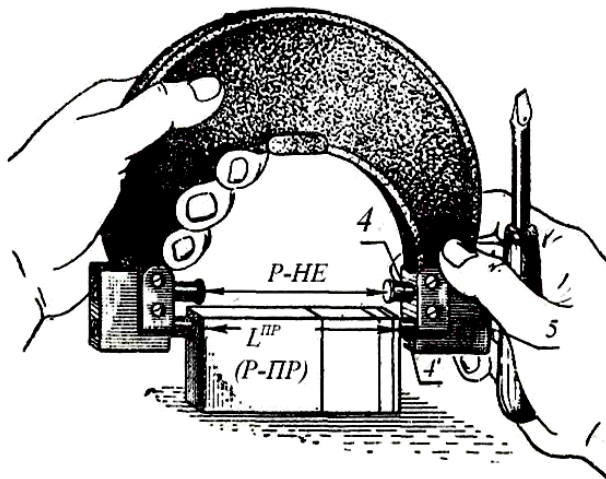


Рис. 1.16. Положение скобы при установке проходного размера по блоку концевых мер

При опускании скобы вниз блок плиток может упираться в головки вставок непроходной стороны. Чтобы этого не произошло, необходимо наклонить скобу от себя так, чтобы блок плиток не задевал головок вставок.

5. Установить непроходной размер скобы L^{HE} по блоку концевых мер, равному наибольшему предельному размеру вала d_{max} в той же последовательности.

6. Настроенной скобой проконтролировать заданный размер вала, дать заключение о годности и представить отчет по прилагаемой форме.

5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Назначение, устройство ПКМД, предельных калибров и правила пользования ими.	Работа №1
<p>Задание: 1. Изучить назначение, устройство, правила пользования ПКМД.</p> <p>2. Изучить назначение, устройство, правила пользования предельными калибрами для контроля деталей гладких цилиндрических соединений, порядок построения схемы полей допусков калибров и определения их предельных размеров.</p> <p>3. Настроить регулируемую калибр-скобу для контроля заданного размера вала.</p> <p>4. Составить отчет по прилагаемой форме.</p> <p>Схема расположения полей допусков калибра-скобы для контроля вала $\varnothing 30\ h8$</p>		
Размеры предельных калибр-скоб для контроля вала		
$P-PP_{min}$		$P-HE_{min}$
$P-PP_{max}$		$P-HE_{max}$
$P-PP_{изн}$		

Ø

Размеры проходного и непроходного калибров-скоб, на которые они должны быть настроены: $L^{ПР} = L^{НЕ} =$

Краткое описание ПКМД (области применения, правила составления блоков, правила эксплуатации).

Результаты контроля размера вала регулируемым калибром-скобой (порядок контроля и его результаты с обоснованием).

Подпись студента

Подпись преподавателя

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение ПКМД?
2. Какими двумя важными свойствами обладают ПКМД?
3. По каким признакам ПКМД подразделяются по классам точности и по разрядам?
4. Как рассчитываются размеры мер для составления их в блоки?
5. Каковы правила эксплуатации ПКМД?
6. Какие принадлежности выпускаются к ПКМД?
7. Какие виды калибров используют при контроле деталей гладких цилиндрических соединений?
8. Каковы условия годности деталей гладких цилиндрических соединений при контроле их предельными калибрами?
9. Какие размеры являются номинальными для проходных и непроходных калибров – пробок и калибров – скоб?
10. Как строится схема расположения полей допусков предельных калибров – пробок и калибров – скоб?
11. Как определяются предельные размеры калибров и по каким размерам настраивают Р – ПР и Р – НЕ регулируемые калибры – скобы?
12. Каков порядок настройки регулируемого калибра – скобы для контроля заданного размера вала?

Лабораторная работа № ЛР-2(2 часа).

1.1 Тема: «Назначение, устройство и эксплуатация штангенинструментов.»

Цель работы:

Изучить назначение, устройство штангенинструментов.

Приобрести навыки в измерении размеров деталей штангенинструментами.
погрешность измерения.

Задачи работы:

Изучить назначение, устройство, регулировку штангенинструментов (штангенциркулей, штангенрейсмасов, штангенглубиномеров, штангензубомеров) и их метрологические характеристики. Изучить механизм отсчетного устройства (нониусной шкалы) и порядок отсчета размеров при измерении. Измерить заданные размеры деталей и результаты измерений занести в форму отчета. Определить предельные размеры деталей и дать заключение о годности по каждому размеру.

Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Штангенциркуль с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм. Штангенрейсмас.

Штангенглубиномер. Штангензубомер.

Описание (ход) работы:

*Изучить конструкцию и правила пользования
штангенинструментами*

Для измерения линейных размеров невысокой точности широко применяются штангенинструменты, особенностью которых является простота устройства и низкая себестоимость.

К ним относятся штангенциркули (ГОСТ 166 – 89), штангенглубиномеры (ГОСТ 162 – 90), штангенрейсмасы (ГОСТ 164 – 89) и штангензубомеры.

Выпускаются также штангенциркули мод. 124 со стрелочным отсчетом, штангенглубиномеры мод. БВ–6232 стрелочные и штангенрейсмасы мод. 6226 стрелочные.

Метод измерения штангенинструментами прямой, контактный, непосредственной оценки (абсолютный).

Штангенциркули предназначены для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки, их выпускают несколько типов и моделей:

ШЦ–I – с двусторонним расположением губок применяются для измерения наружных, внутренних размеров и глубин с пределами измерения 0 – 125 мм (рис. 2.1).

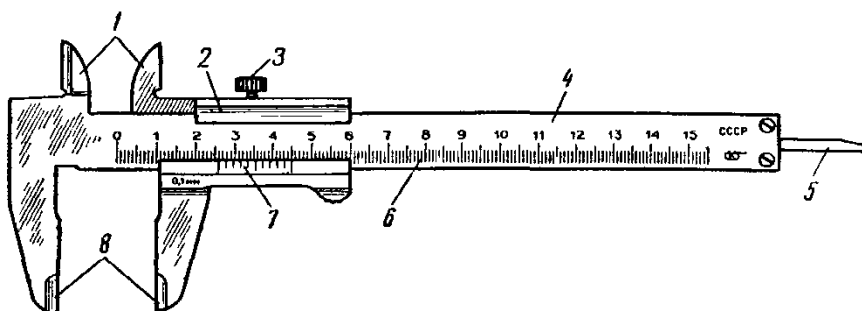


Рис. 2.1. Штангенциркуль ШЦ-I с пределами измерений 0 – 125 мм и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм:

1 – губки для внутренних измерений; 2 – рамка; 3 – зажим рамки; 4 – штанга; 5 – линейка глубиномера; 6 – шкала штанги; 7 – нониус; 8 – губки для наружных измерений
ШТЦ–I – с односторонним расположением губок, оснащенных твердым сплавом для измерения наружных размеров и глубин в условиях повышенного абразивного изнашивания;

ШЦ–II – с двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки с пределами измерения 0 – 160, 0 – 200, 0 – 250 мм (рис. 2.2);

ШЦ–III – с односторонним расположением губок для измерения наружных внутренних размеров с пределами измерения от 0 -160 мм до 800 – 2000 мм (рис. 2.3).

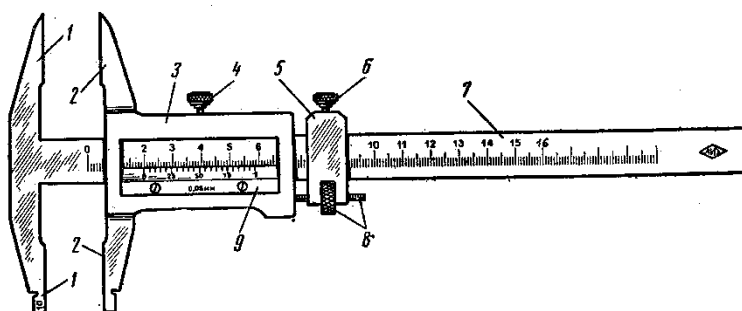


Рис. 2.2. Штангенциркуль ШЦ-II с пределами измерений 0 – 160 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм:

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

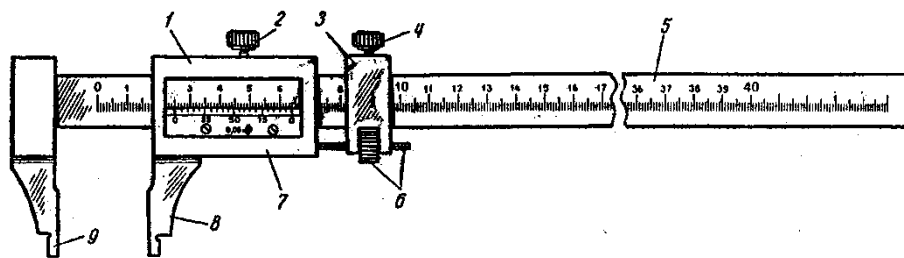


Рис 2.3. Штангенциркуль ШЦ-III с пределами измерений 0—400 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм:

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

Штангенциркули ШЦ-II и ШЦ-III снабжены микрометрической подачей, предназначенной для медленного (точного) перемещения рамки 3 по штанге 7 (рис. 2.2). В вырезе рамки микрометрической подачи 5 расположена гайка 8 накрученная на винт, закрепленный в нижней части рамки 3. при освобожденном винте 4 и закрепленной рамке микрометрической подачи 5 на штанге 7 с помощью стопорного винта 6 рамка 3 будет плавно перемещаться по штанге, если вращать гайку 8 микрометрической подачи. Штангенциркуль со стрелочным отсчетом мод. 124 (рис. 2.4) разработан заводом «Калибр». Его диапазон измерения 0 – 150 мм, цена деления шкалы, нанесенной на штанге, 10 мм; цена деления круговой шкалы – 0,1 мм.

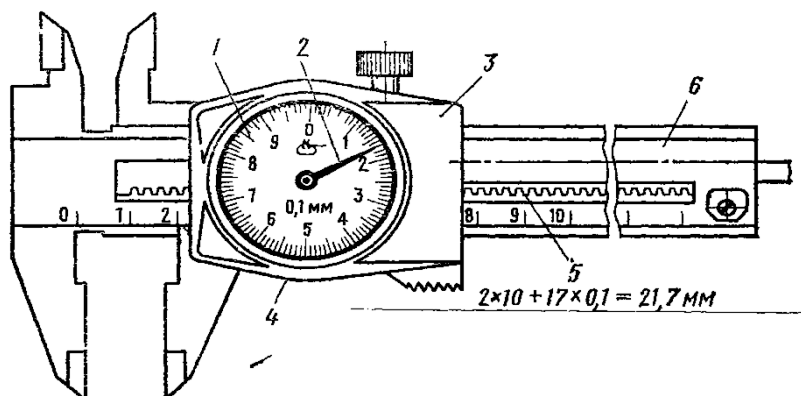


Рис. 2.4. Штангенциркуль со стрелочным отсчетом мод. 124 с пределами измерения 0 – 150 мм и ценой деления круговой шкалы 0,1 мм:

1 – шкала; 2 – стрелка; 3 – рамка; 4 – паз; 5 – зубчатая рейка; 6 – штанга

К штанге 6 штангенциркуля мод. 124 прикреплена зубчатая рейка 5, с которой находится в зацеплении зубчатое колесо (на рис. не показано). Подпружиненная плата прикреплена к рамке 3. На одной оси с зубчатым колесом находится стрелка 2, расположенная над шкалой 1.

Один полный оборот стрелки соответствует перемещению рамки 3 по штанге на 10 мм или на одно деление, нанесенное на штанге 6.

При соприкосновении измерительных поверхностей штангенциркуля стрелка должна совпадать с нулевым делением шкалы. Нулевая установка достигается поворотом шкалы 1 через паз 4 с помощью отвертки (паз на рисунке не виден).

Штангенглубиномеры предназначены для измерения глубин пазов, отверстий, а также высот выступов. Устройство штангенглубиномера представлено на рис. 2.5. Плоский нижний торец штанги 6 является измерительной поверхностью, которая при измерении глубин соприкасается с поверхностью изделия. При расположении измерительных поверхностей основания и штанги в одной плоскости нуль шкалы нониуса должен

совпасть с нулевым штрихом шкалы штанги.

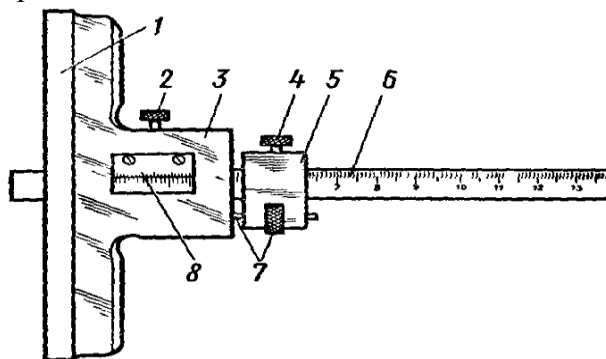


Рис. 2.5. Штангенглубиномер с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм и пределами измерений 0 – 250 мм:

1 – основание; 2 – зажим рамки; 3 – рамка; 4 – зажим рамки микрометрической подачи; 5 – рамка микрометрической подачи; 6 – штанга; 7 – гайка и винт микрометрической подачи; 8 – нониус

Штангенглубиномеры выпускаются с величиной отсчета 0,05 мм и с пределами измерений до 250 мм, а также с величиной отсчета 0,1 мм и пределами измерений до 500 мм.

Кировским инструментальным заводом освоен выпуск стрелочных штангенглубиномеров мод. БВ – 6232 с диапазоном измерений 0 – 250 мм, с ценой деления штанги 5 мм и ценой деления отсчетного устройства 0,05 мм.

Штангенрейсмасы предназначены для измерения высоты и разметочных работ с использованием контрольно-измерительной плиты. Устройство штангенрейсмаса представлено на рис. 2.6.

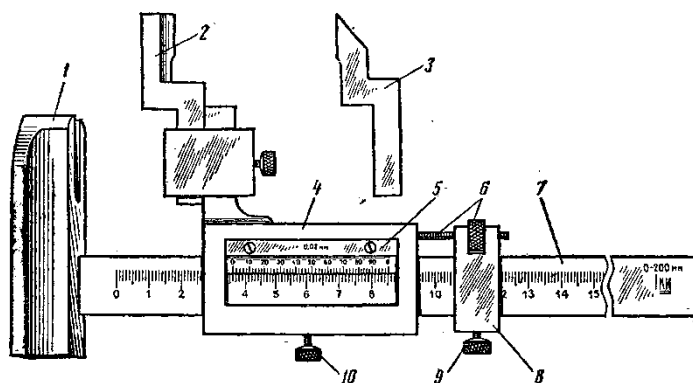


Рис. 2.6. Штангенрейсмас с величиной отсчета по нониусу 0,05 и 0,01 мм:

1 – основание; 2 – измерительная ножка; 3 – разметочная ножка; 4 – рамка; 5 – нониус; 6 – винт и гайка микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – рамка микрометрической подачи; 9 – зажим рамки микрометрической подачи; 10 – зажим рамки

Штангензубомеры (рис. 2.7) предназначены для измерения толщины зуба по постоянной хорде. Используются также в ремонтной практике при дефектовке зубчатых колес относительно невысоких степеней точности (8-ая и грубее). По штангам 4 в двух взаимно перпендикулярных направлениях перемещаются рамки 3 и 5 с нониусами. Одна рамка соединена с высотной линейкой 1, другая имеет губку 6, перемещающуюся относительно неподвижной губки 2 штанги.

Выпускают штангензубомеры типов ШЗ – 18 и ШЗ – 36 с диапазоном измерений толщины зуба соответственно 0 – 33 мм и 0 – 60 мм при отсчете по нониусу 0,005 мм.

Перед измерением высотную линейку 1 устанавливают по нониусу рамки 3 на высоту h и

закрепляют стопорным винтом. Высота h рассчитывается по специальной формуле или задается техническими условиями на дефектовку зубчатых колес.

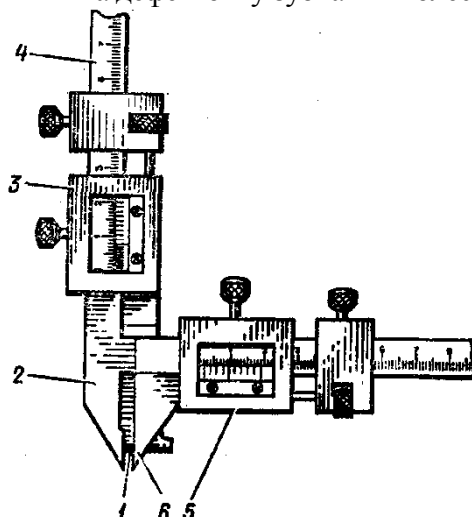


Рис. 2.7. Штангензубомер:

1 – высотная линейка; 2 – губка штанги; 3 – рамка; 4 – штанга; 5 – рамка; 6 – губка рамки

Измерительные губки раздвигают, и после установки зубомера на зубчатое колесо (на окружность выступов) губки сдвигают до соприкосновения с боковыми поверхностями зуба по постоянной хорде (рис. 2.8); осуществляют отсчет по шкалам инструмента.

Отсчетное устройство штангенинструментов – штанга с нанесенной на ней шкалой с интервалом 1 мм и свободно перемещающаяся по штанге рамка, на скосе которой нанесена вспомогательная шкала, называемая нониусом (нониус служит для отсчета дробных долей миллиметра).

Каждое пятое деление шкалы штанги отмечено удлиненным штрихом, а каждое десятое – штрихом более длинным, чем пятое, и соответствующим числом сантиметров (рис. 2.9).

Штангенинструменты с модулем 1 и 2 выпускаются с отсчетом по нониусу 0,1 и 0,05 мм.

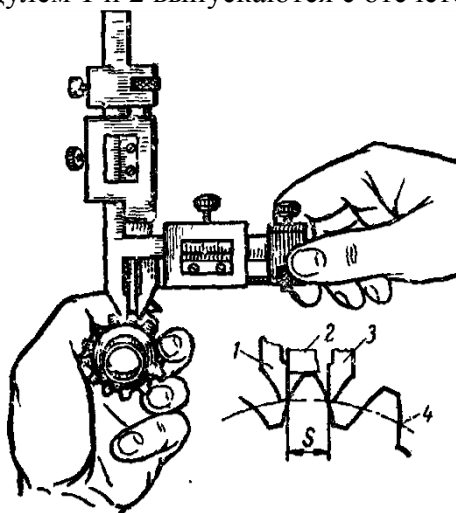


Рис. 2.8. Измерение толщины зуба:

1 – губка штанги; 2 – высотная линейка; 3 – губка рамки; 4 – делительная окружность; S – толщина зуба по хорде

4 – делительная

4.2. Отсчетное устройство штангенинструментов

Ранее выпускался штангенинструмент с отсчетом по нониусу 0,02 мм. Модуль (γ) шкалы нониуса показывает, через какое число делений миллиметровой шкалы штанги будут располагаться штрихи шкалы нониуса, смещенные на величину отсчета по нониусу.

Или модуль γ шкалы нониуса примерно показывает, сколько делений основной шкалы штанги входят в одно деление шкалы нониуса.

Длина деления шкалы нониуса (a') вычисляется по формуле

$$a' = a \cdot \gamma - i, \quad (2.1)$$

где a – длина деления основной шкалы (расстояние между осями двух соседних отметок шкалы);

γ – модуль нониуса (обычно 1, 2, реже 3);

i – величина отсчета по нониусу.

Штангенинструмент с модулем 1 и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм (рис. 2.9, а) имеет шкалу нониуса длиной 9 мм с десятью делениями. Расстояние между двумя соседними штрихами шкалы нониуса составляет 0,9 мм.

Шкала нониуса штангенинструмента с модулем 2 и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм представлена на рис. 2.9,б.

На рис. 2.9,в и 2.9,г представлены шкалы штангенинструментов с модулем 1 и 2 с величиной отсчета 0,05 мм.

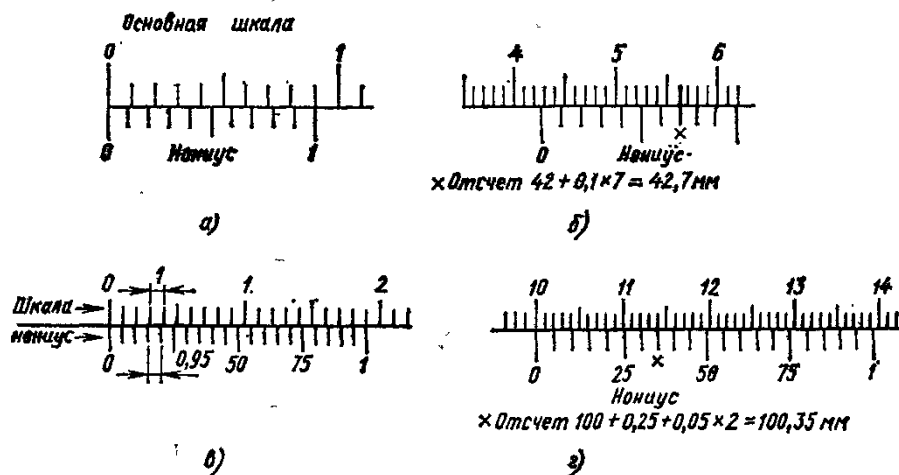


Рис. 2.9. Шкалы штангенинструментов:

с отсчетом по нониусу 0,1 мм с модулем: а) – 1 и б) – 2;

с отсчетом по нониусу 0,05 мм и с модулем: в) – 1 и г) – 2.

Предпочтительными и более удобными являются штангенинструменты с модулем 2 с «растянутой» шкалой и с отсчетом по нониусу 0,1 мм (рис. 2.9,б) и 0,05 мм (рис. 2.9,г).

При определении размера детали необходимо отсчитать по шкале целое число миллиметров относительно нулевого штриха шкалы нониуса и прибавить к нему доли миллиметра, полученные умножением величины отсчета по нониусу на порядковый номер штриха нониусной шкалы, совпавшего со штрихом штанги (нулевой штрих нониуса при этом не учитывают, рис. 2.9,б).

Для удобства отсчета долей миллиметра на шкале нониуса (рис. 2.9,г) представлены маркированные штрихи 25, 50, 75, для которых их порядковый номер умножен на величину отсчета. При совпадении маркированного штриха со штрихом основной шкалы доля миллиметра будет определяться числом у маркированного штриха, поделенным на 100. При величине отсчета 0,05 мм например, если совпал маркированный штрих 25, то доля миллиметра равна 0,25 мм.

При наличии на шкале нониуса маркированных штрихов доли миллиметра отсчитывают как показание ближайшего (меньшего) маркированного штриха плюс порядковый номер (от маркированного штриха) совпавшего штриха, умноженный на величину отсчета по нониусу (рис. 2.9,г).

Наличие овальных отверстий на шкале нониуса позволяет регулировать положение нониусной шкалы на подвижной рамке, что используется при проверке и установке на нуль нониусной шкалы штангенинструментов.

Например, для штангенциркулей при соприкосновении губок штанги и рамки нулевые штрихи шкал штанги и нониуса должны совпадать. Если они не совпадают, то смещают шкалу нониуса при отпущенных винтах ее крепления к рамке.

Примеры измерения размеров изделий штангенинструментом представлены на рис. 2.10.

При измерении наружных размеров измеряемое изделие устанавливают между губками штангенциркуля (рис. 2.10, а и в). Неподвижную губку прижимают к поверхности изделия, а губку с рамкой приближают до соприкосновения с изделием. При наличии микроподачи рамки 1 приводят вторую губку штангенциркуля в соприкосновение с поверхностью изделия вращением гайки 6 (при застопоренной микрометрической подаче 4 с помощью винта 3), обеспечивая при этом нормальную силу измерения; как большая, так и недостаточная сила измерения искажает результат измерения. Застопорив рамку 1 на штанге 5 винтом 2, снимают показания по шкалам штангенциркуля.

При отсчете показаний и определении результатов при измерении внутренних размеров необходимо к показаниям по шкалам штангенциркуля прибавить толщину губок «b», маркированную на них, если измерение проводилось штангенциркулем типов ШЦ–II или ШЦ–III. Схема измерения глубины штангенциркулем типа ШЦ–I приведена на рис. 2.10,б.

На измерительных поверхностях губок штангенинструментов забоины и следы коррозии не допускаются. Рамка вместе с микрометрической подачей не должна перемещаться по ней под действием своей массы при вертикальном положении штангенциркуля.

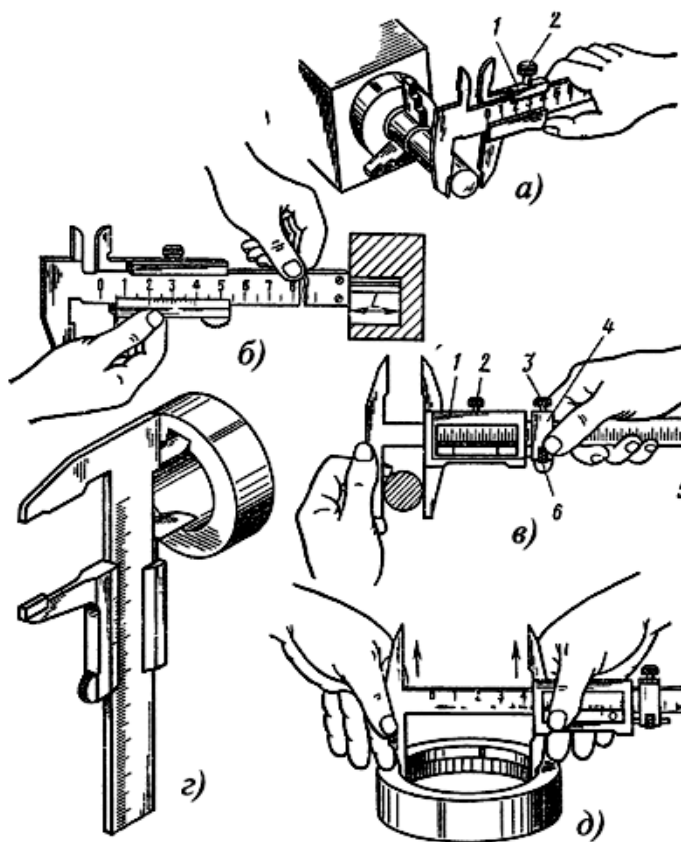


Рис. 2.10. Примеры измерения размеров изделий штангенинструментом:
а, в – наружных размеров; б – глубины отверстия; в, д – внутренних размеров

Таблица 2.1-*Предельные погрешности методов измерения штангенинструментом*

Наименование штангенинструмента	Интервалы размеров в мм			
	1	50 80	80 120	120 250
Предельные погрешности измерения в				
Штангенциркуль с отсчетом 0,1 мм				
наружные	150	150	150	150
внутренние	200	200	200	200
Штангенциркуль с отсчетом 0,05 мм				
наружные	80	90	100	100
внутренние	120	130	130	150
Штангенглубиномер с отсчетом 0,05 мм	100	150	150	450

Допустимые погрешности показаний штангенинструментов при измерении размеров до 500 мм в основном равны величине отсчета по нониусной шкале.

Таблица 2.2

Наивысшие по точности качества изделий, измеряемых штангенциркулями с учетом погрешностей их измерений

Наименование	Величина отсчет	Интервалы размеров				
		6...18	18...	50...	120..	180...
Штангенциркуль		квалитеты				
		измерение наружных линейных размеров				
	0,1	16	15	15	14	14
	0,05	15	14	13	13	12
		измерение внутренних линейных размеров				
	0,1	16	15	15	15	15
	0,05	16	14	14	14	14

4.3. Методика измерений

1. Примеры обозначения штангенциркуля типа ШЦ – II с пределами измерения 0 – 250 мм и отсчетом по нониусу 0,05 мм: ШЦ – II – 250 – 0,05 ГОСТ 166-80; штангенглубиномера с пределами измерений 0 – 200 мм: Штангенглубиномер ШГ – 200 ГОСТ 162-80; штангенрейсмаса с пределами измерений 0 – 250 мм и отсчетом по нониусу 0,05 мм: Штангенрейсмас ШР – 250 – 0,05 ГОСТ 164-80.
2. Для выявления рассеивания действительных размеров и отклонений от правильной геометрической формы измерения наружных диаметров проводить в трех сечениях, перпендикулярных к оси и в двух взаимно перпендикулярных направлениях в каждом сечении. Остальные размеры измерить только в двух направлениях.
3. Чтобы уменьшить ошибки при измерении, каждый размер измерить три раза, за результат измерения взять среднее арифметическое из трех отсчетов.
4. Назначение, устройство штангенинструментов и методика измерения ими см. стр.66...77 /1/; стр.14...33 /2/; 78...85; 269...270 /3/; плакаты по техническим измерениям.
5. После окончания работы уложить инструменты в футляры и привести в порядок рабочее место.
6. Составить отчет по прилагаемой форме.

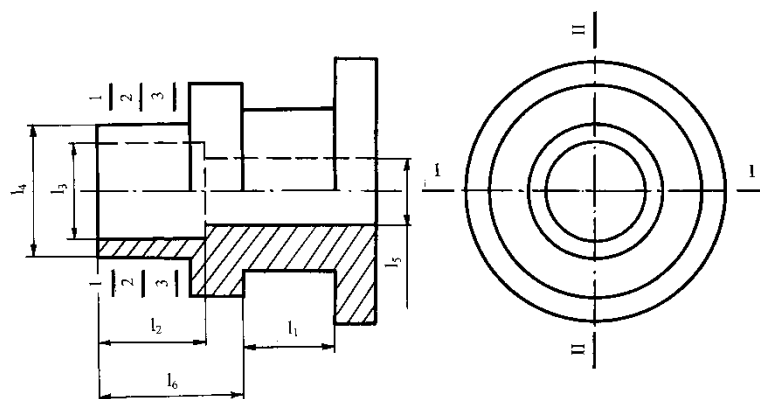


Рис. 2.11. Эскиз детали и схема измерений

$l_1=30H16$, $l_2=34H15$, $l_3=32H14$, $l_4=50h15$, $l_5=14H12$, $l_6=46h14$

Таблица 2.3

Требования на дефектацию шестерни У II передачи дополнительного вала шасси трактора ДТ-75М (Z = 37)

Трактор ДТ-75М (2-57)				
Номер шестерни по каталогу	Установочная высота штангензубомер-а, мм	Толщина зуба, мм	Длина головки зуба по верхней кромке, мм	Ширина кольцевого паза, мм
77.37.198	2,99	по чертежу		
		5,55 _{-0,281}	23,4 ± 0.3	10 _{+0.1}
		допустимые, мм		
		5,03	19,9	$\frac{10,37 *}{10,42}$
		предельные, мм		
		4,63	13,41	-
* В числителе указаны, допустимые при ремонте размеры деталей при сопряжении их с деталями, бывшими в эксплуатации, в знаменателе с новыми.				

1. Толщину зубьев измерить для трех равноотстоящих друг от друга зубьев.
2. Направление измерения ширины кольцевого паза следует принять, как показано выше на схеме измерений.

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Назначение, устройство и эксплуатация штангенинструментов	Работа № 2
--------------------------	---	------------

Задание: 1. Изучить назначение, устройство и методику измерения штангенинструментом.

2. Измерить штангенинструментом размеры l_1 , l_2 , l_3 , l_4 , l_5 , l_6 . детали 1, толщину зуба и ширину кольцевого паза зубчатого колеса.

3. Определить предельные размеры и дать заключение о годности по каждому размеру.

Таблица 2.4

Метрологические характеристики штангенинструментов применяемых при измерении

Наименование штангенинструментов	Метрологические показатели.				
	Пределы измерения, мм	Цена деления основной шкалы,	Точность отсчета шкалы нониуса,	Длина деления шкалы нониуса, мм.	Предельная погрешность измерения
Штангенциркуль					
Штангенглубиномер					
Штангенрейсмас					

Таблица 2.5

Результаты измерения наружного диаметра L₄

Номинальное значение	Направление измерения	Сечение			Действительные		Предельные		Заключение о годности
		1-1	2-2	3-3	наиб.	наим.	наиб.	наим.	
50h15	I - I								
	II - II								

ПРИМЕЧАНИЕ: Размер l₆ измерить штангенрейсмасом.

Таблица 2.6

Результаты измерения длин и внутренних диаметров

№ п/п	Обозначение размера	Результаты измерения в направлениях				Действительные размеры		Предельные размеры		Заключение о годности
		I – I		II – II		наиб	наим.	наиб	наим	
1	30H16									
2	34H15									
3	32H14									
4	14H12									
5	46h14									

ПРИМЕЧАНИЕ: Размер l₆ измерить штангенрейсмасом.

Таблица 2.7

Результаты измерения размеров зубчатого колеса (шестерни У11 передачи дополнительного вала шасси трактора ДТ-75М, Z = 37)

Толщина зуба по постоянной хорде						Длина головки зуба						Ширина кольцевого паза					
Измеренная по зубьям			По чертежу	Допустима	Предельная	Измеренная по зубьям			По чертежу	Допустима	Предельная	Измеренная по направлению		По чертежу	Допустима	Предельная	
№1	№2	№3				№1	№2	№3				I – I	II - II				

Заключение о годности по отдельным параметрам:

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Типы штангенинструментов, их назначение и устройство?
2. Что является общим в устройстве всех типов штангенинструментов?
3. Каковы принципы устройства шкалы нониуса и как отсчитываются размеры при измерении штангенинструментом?
4. Что такое модуль нониуса?
5. Что проверяется и регулируется у штангенинструментов?
6. Каков метод измерения штангенинструментами?

Лабораторная работа № ЛР-3(2 часа).

Тема: «Изучение закона «Назначение, устройство и эксплуатация микрометрических инструментов.»

Цель работы:

Изучение видов, устройства микрометрических инструментов;
Приобретение навыков в измерении микрометрическим инструментом.

Задачи работы:

1. Изучить виды и механизм отсчетного устройства микрометрических инструментов.
2. Изучить устройство, настройку и методику измерения микрометрами, микрометрическими нутромерами и микрометрическими глубиномерами.
3. Измерить размеры деталей микрометром и микрометрическим нутромером.
4. Составить отчет по прилагаемой форме и дать заключение о годности по результатам измерений.

Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Гладкий микрометр МК;
2. Нутромер с пределом измерения 75 – 175.

Описание (ход) работы:

Микрометрические инструменты

В машиностроении, на ремонтных предприятиях широко применяются микрометрические инструменты общего и специального назначения: микрометры (для измерения наружных размеров), микрометрические нутромеры (штихмассы - для измерения внутренних размеров), микрометрические глубиномеры (для измерения глубины пазов и канавок, высоты уступов).

Микрометры выпускаются следующих типов: МК – гладкие, МЛ – листовые, МТ – трубные, МЗ – зубомерные (для измерения длины общей нормали зубчатых колес), МП – для измерения диаметра проволоки, МГ - горизонтальные настольного типа, МВ – вертикальные настольного типа, МН – 1 и МН – 2 – настольные со стрелочным отсчетным устройством, мод. 19005 – с цифровым электронным отсчетом и микрометры для измерения среднего диаметра наружных резьб.

Метод измерения микрометрическими инструментами – прямой, контактный, абсолютный.

Отсчетное устройство микрометрических инструментов

В основу устройства микрометрических инструментов положен принцип использования винтовой пары, преобразующей угловые перемещения в линейные. На рис. 3.1,а показано устройство микрометрической головки микрометрических инструментов.

Микрометрический винт 4 в сборе с барабаном 3 и механизмом трещетки 6 ввернут во внутреннюю резьбу, выполненную на правом конце стебля 2, запрессованного в скобу 1 микрометра или в основание микрометрического глубиномера.

Зазор в резьбовом соединении устанавливается с помощью регулировочной гайки 5, наворачиваемой на коническую резьбу, нарезанную на наружной поверхности стебля.

Стопорение микрометрического винта осуществляют приспособлением 7 или 8. На поверхности стебля 2 имеется продольная отсчетная линия, над и под которой нанесены миллиметровые деления (шкалы). Верхняя шкала смещена относительно нижней на 0,05 мм. По нижней шкале отсчитывают целое число миллиметров, по верхней шкале доли миллиметров (обычно – 0,5 мм) относительно кромки скоса барабана 3.

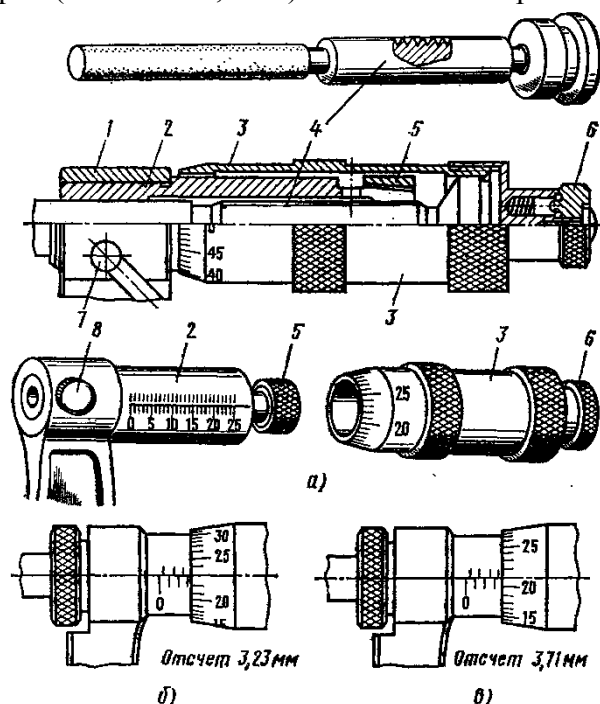


Рис. 3.1. Микрометрическая головка (а) и примеры отсчета по ее шкалам (б и в):

1 – скоба; 2 – стебель; 3 – барабан; 4 – микрометрический винт; 5 – регулировочная гайка (для регулирования зазора в резьбе); 6 – трещотка; 7 и 8 – стопор микрометрического винта

На скосе барабана нанесена круговая шкала для отсчета долей миллиметра и содержащая «n» делений. Поворот барабана на одно деление этой шкалы вызывает осевое перемещение на n-ую часть шага. Таким образом точность отсчета в микрометрических инструментах (цена деления на барабане) может быть определена по формуле:

$$l = \frac{t}{n}, \quad (3.1)$$

где t – шаг винта, n – число делений на скосе барабана.

В большинстве случаев у микрометрических инструментов число делений на скосе барабана равно 50 и шаг винтовой пары $t = 0,5$ мм.

Тогда точность отсчета

$$l = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ мм}$$

При отсчете показаний целое число миллиметров определяют по нижней шкале стебля (например, 3 мм по рис. 3.1,б) и прибавляют число сотых долей миллиметра по скосу барабана (например, 0,23 по рис. 3.1,б). Размер по шкалам микрометрической головки в этом случае составит: $3 + 0,23 = 3,23$ мм.

Если при отсчете показаний край барабана перешел за деление шкалы, нанесенной выше продольной линии, то к результату, отсчитанному по описанной методике, необходимо прибавить 0,5 мм. Например, по рис. 1,в размер составит: $3,21 + 0,5 = 3,71$ мм.

При появлении штриха из – под скоса барабана, по которому отсчитывают целые миллиметры или 0,5 миллиметра, его начинают учитывать только после того, как нулевой штрих на скосе барабана опустится ниже продольного штриха на стебле (для

микрометров и микрометрических нутромеров).

Микрометры для наружных измерений

Гладкий микрометр типа МК имеет скобу 8 (рис. 3.2), с одной стороны которой запрессована неподвижная пятка 1 (для микрометров с верхним пределом измерения до 300 мм) или переставная пятка (для остальных микрометров).

Настройка микрометра

При подготовке микрометра к измерениям следует проверить нулевую установку (по нижнему пределу измерения) и, если она сбита, то ее следует восстановить.

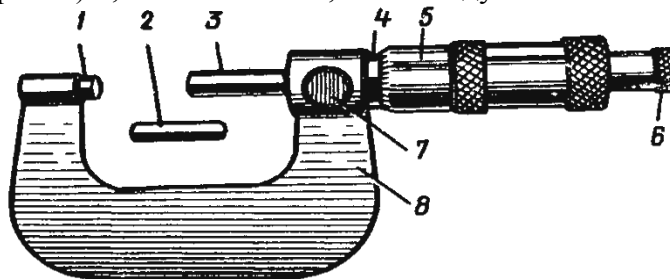


Рис. 3.2. Гладкий микрометр МК:

1 – пятка; 2 – установочная мера; 3 – микрометрический винт; 4 – стебель; 5 – барабан; 6 – трещотка; 7 – стопор; 8 – скоба

С другой стороны скобы микрометр имеет микрометрическую головку, устройство, которой представлено на рис. 3.1,а. Трещотка предназначена для обеспечения постоянного измерительного усилия при измерении микрометром. Конструкции трещоток и виды стопоров используемых в микрометрах, представлены на рис. 3.3 и 3.4.

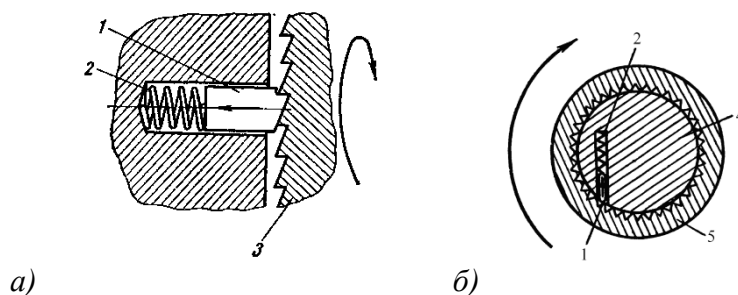


Рис. 3.3. Конструкции трещоток микрометров с торцовыми зубьями (а) и с зубьями на кольце (б):

1 – штифт; 2 – пружина; 3 – храповик; 4 – корпус; 5 – шлицевая втулка

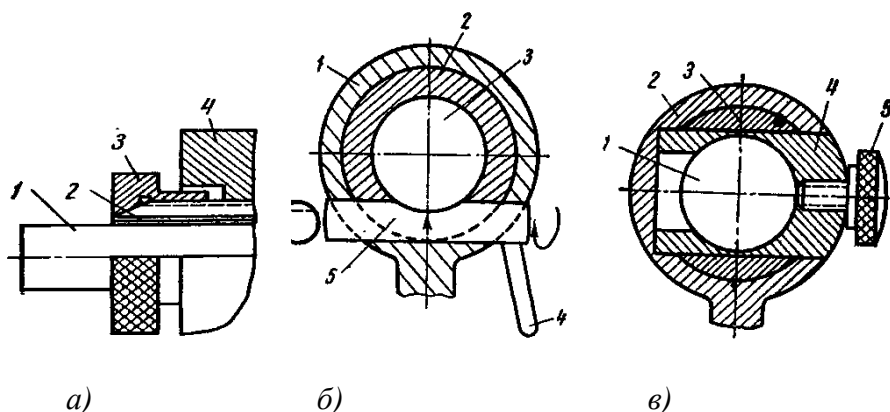


Рис. 3.4. Виды стопоров микрометров:

- а) – цанговый: 1 – микровинт; 2 – разрезная гильза; 3 – гайка; 4 – скоба;
- б) – эксцентриковый: 1 – скоба; 2 – стебель; 3 – микровинт; 4 – ручка; 5 – эксцентрик;
- в) – с зажимным винтом: 1 – микровинт; 2 – скоба; 3 – стебель; 4 – втулка; 5 – зажимной винт

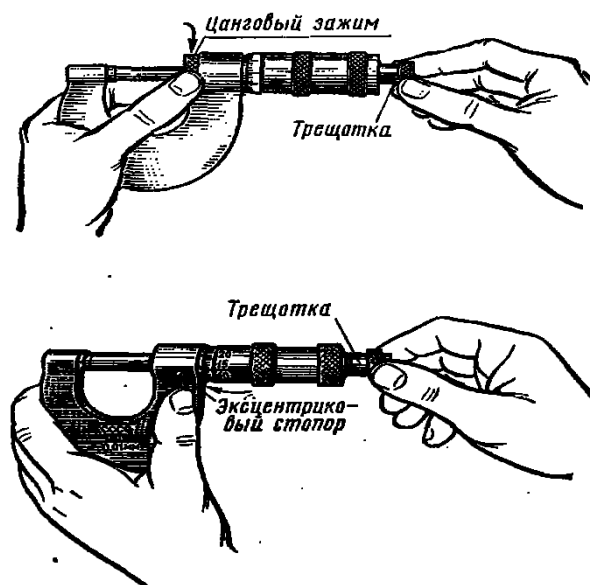
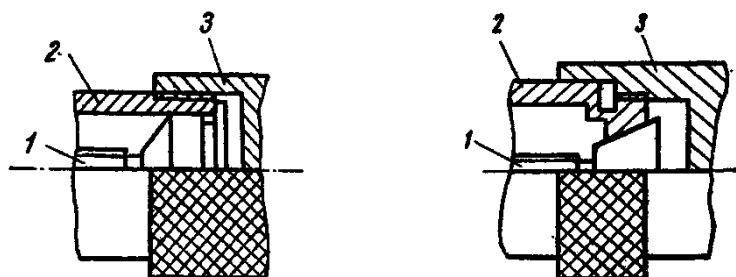


Рис. 3.5. Закрепление микровинта стопором



Микрометр завода «Калибр»: 1 – микровинт; 2 – барабан; 3 – корпус трещотки

Микрометр завода «Красный инструментальщик»: 1 – микровинт; 2 – барабан; 3 – корпус трещотки.

Рис. 3.6. Соединение барабана с микровинтом
Закрепление микровинта стопором

и способы соединения барабана с микровинтом указаны на рис. 3.5 и 3.6.

При установке на нуль микрометров с нижним пределом измерения 25 мм и выше используются установочные меры 2 (рис. 2) прилагаемые к микрометрам или концевые меры длины.

Микрометр проверяют и устанавливают на нуль следующим образом. При помощи трещоточного устройства доводят до соприкосновения измерительные поверхности пятки и микровинта. Для микрометров с нижним пределом измерения 25 мм и выше между измерительными поверхностями пятки и микровинта зажимают при помощи трещотки установочную меру или концевую меру длины.

При этом нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, и скос барабана должен открывать нулевой штрих стебля (рис. 3.7).

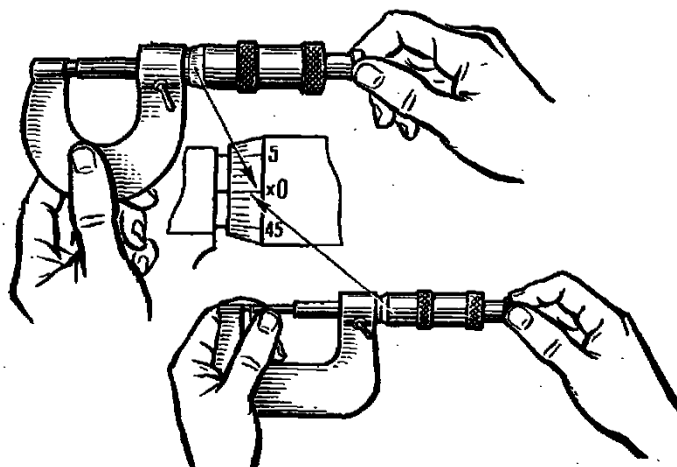
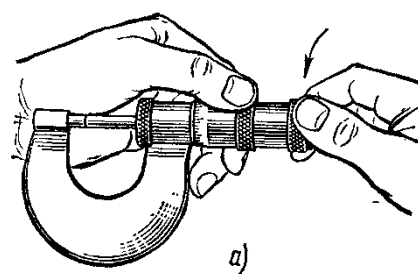
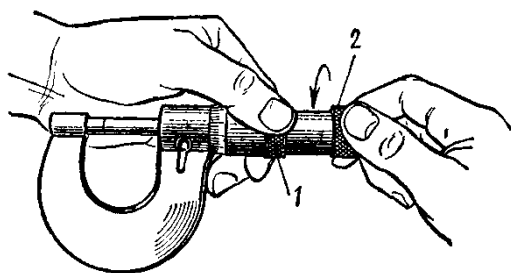


Рис. 3.7. Проверка нулевого положения микрометра

Если после соприкосновения измерительных поверхностей с установочной мерой или между собой (с пределами измерения микрометров 0 – 25 мм) нулевой штрих барабана не совпадает с продольным штрихом стебля, то необходимо:

1. Закрепить микровинт стопором (рис. 3.5);
2. Разъединить барабан с микровинтом (рис. 3.8);
3. Установить барабан так, чтобы его нулевой штрих совпал с продольным штрихом стебля, и закрепить его (рис. 3.9);
4. Произвести повторно проверку нулевого положения.

Перед началом измерений между измерительными поверхностями устанавливают расстояние больше измеряемого. Для приведения в соприкосновение измерительных поверхностей микрометра с измеряемым изделием пользуются только механизмом трещотки. При этом микрометр слегка покачивают во взаимно перпендикулярных плоскостях при измерении линейных размеров, одновременно работая трещоткой. Эта операция позволяет найти наименьший размер в сечении измеряемой детали и тем самым исключить ошибки, вызванные неправильным положением инструмента. При измерении диаметров микрометр перемещают в плоскости поперечного сечения детали и устанавливают по диаметру. Затем, покачивая микрометр в плоскости продольного сечения детали, находят его оптимальное положение, которому соответствует наименьший размер. Нормальная сила измерения обеспечивается при трех – пяти щелчках трещотки. После этого микровинт стопорят и осуществляют отсчет по шкалам микрометра. Вращение микровинта за барабан после соприкосновения измерительных поверхностей микрометра и изделия не допускается, так как при этом возникают большие усилия, дополнительные погрешности измерения, и портится резьба винта. Для удобства измерений микрометры с большими пределами измерения (100, 150, 200 мм и т.д.) закрепляют в специальных штативах (стойках). По предельной погрешности выпускают микрометры 1 и 2 класса точности.



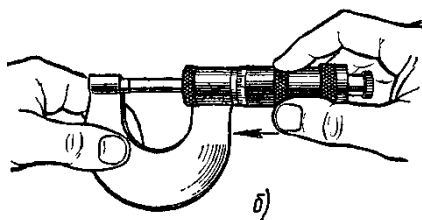


Рис. 3.8. Отсоединение барабана от микровинта микрометра заводов «Калибр» и «Красный инструментальщик»:

а) отвинчивание корпуса трещотки; б) отсоединение барабана от микровинта; 1 – барабан; 2 – корпус трещотки

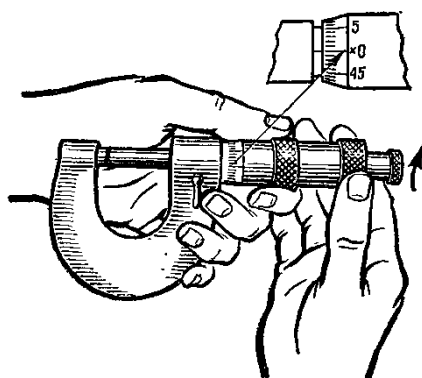


Рис. 3.9. Установка барабана и закрепление его

Микрометрический глубиномер (рис. 3.10) предназначен для измерения глубины пазов, глухих отверстий и высоты уступов. Он представляет собой микрометрическую головку 2, запрессованную в основание 1 перпендикулярно измерительной поверхности основания.

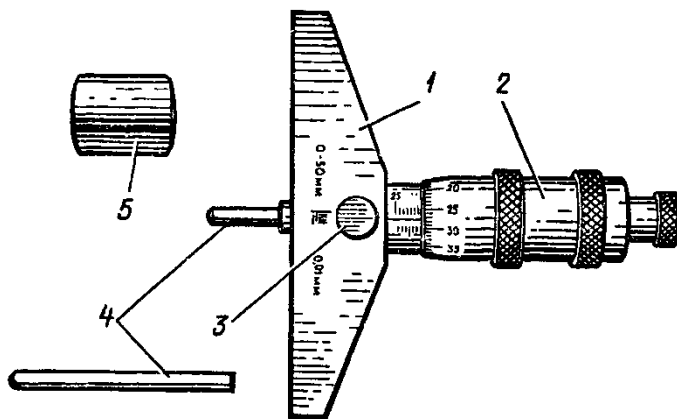
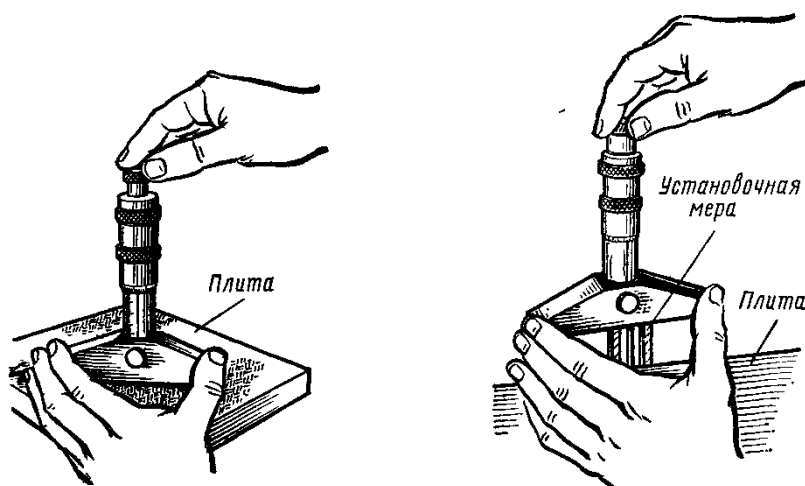


Рис. 3.10. Микрометрический глубиномер (ГОСТ 7470 – 92):

1 – основание; 2 – микрометрическая головка; 3 – стопор; 4 – сменные измерительные стержни; 5 – установочная мера

Нулевую установку глубиномера проверяют и проводят на поверочной плите (рис. 3.11). При верхних пределах измерений 100 и 150 мм глубиномеры устанавливаются с помощью сменных измерительных стержней 4 (рис. 3.10). При ввинчивании микровинта микрометрического глубиномера показания не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Поэтому цифры на шкале стебля и барабана указаны в обратном порядке: на стебле цифры увеличиваются справа налево, а на барабане – по часовой стрелке.



а)

б)

Рис. 3.11. Проверка нулевого положения микрометрического глубиномера:

а) – при пределах измерения 0 – 25 мм; б) – при верхнем пределе измерения свыше 25 мм (50, 75 и 100 мм)

Микрометрический нутромер (штихмасс) служит для измерения внутренних размеров свыше 50 мм. В качестве отсчетного устройства используют такие же микрометрические головки, как у микрометров. Микрометрические нутромеры изготавливаются с пределами измерений: 50 – 75, 75 – 175, 75 – 600, ..., 4000 – 10000 мм.

Устройство микрометрического нутромера представлено на рис. 3.12. Нутромер имеет микрометрическую головку 2, один или несколько удлинителей 3 и измерительный наконечник 1.

Настройка нутромера осуществляется по установочной мере 1 (рис. 3.13), представляющей собой скобу с двумя взаимно параллельными поверхностями. Микрометрическую головку 2 с наконечником 3 устанавливают между измерительными поверхностями установочной меры 1; придерживая меру и головку левой рукой, а правой рукой, вращая барабан головки, находят кратчайшее расстояние между поверхностями установочной меры.

Застопорив микровинт стопором 4, вынимают микрометрическую головку и проверяют нулевую установку по шкале головки. Если нулевая установка сбита, то ее восстанавливают, освободив контргайку и повернув барабан до совпадения его нулевой отметки с продольным штрихом стебля.

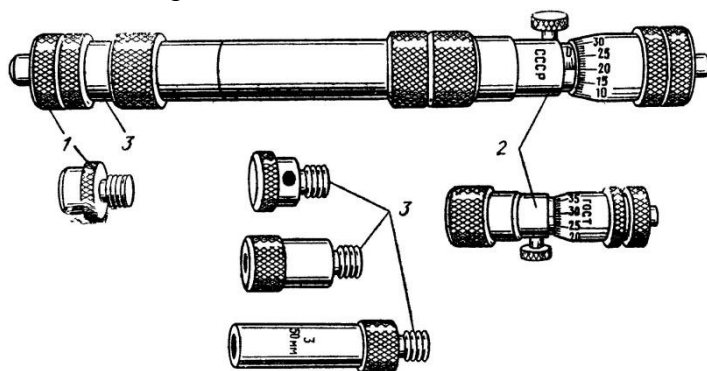


Рис. 3.12. Микрометрический нутромер:

1 – измерительный наконечник; 2 – микрометрическая головка;

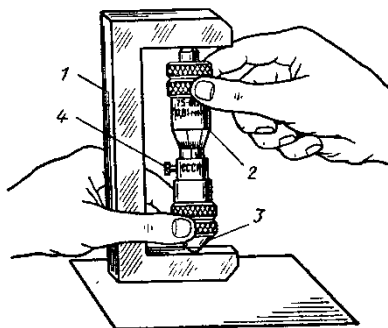


Рис. 3.13. Настройка микрометрического нутромера по установочной мере:

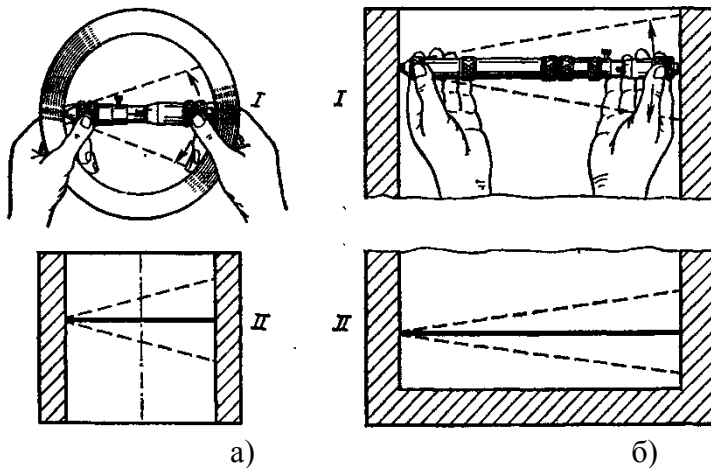
1 – установочная мера; 2 – микрометрическая головка; 3 – наконечник; 4 – стопорный винт

После проверки микроголовки рассчитывают удлинители, стремясь к наименьшему их числу при сборке. Для этого от проверяемого размера отнимают нижний предел измерения микрометрической головки с наконечником. Затем выбирают удлинители по размерам, обеспечивающим их наименьшее количество (от большего к меньшему). Сумма нижнего предела измерения микрометрической головки с наконечником и удлинителями должна быть меньше измеряемого размера, но не более чем на разность между пределами измерения микрометрической головки.

При измерении цилиндрического отверстия линия измерения должна быть наибольшим размером в плоскости, перпендикулярной оси отверстия, и наименьшим размером в плоскости, проходящей через ось (рис. 3.14,а).

При измерении расстояния между параллельными плоскостями правильное положение измерительных поверхностей (отсутствие перекоса) обеспечивают наименьшие показания (рис. 3.14,б).

Отсчет размеров по микрометрической головке нутромера аналогичен отсчету по микрометрической головке микрометра.

**Рис. 3.14. Примеры измерения внутренних размеров микрометрическим нутромером**

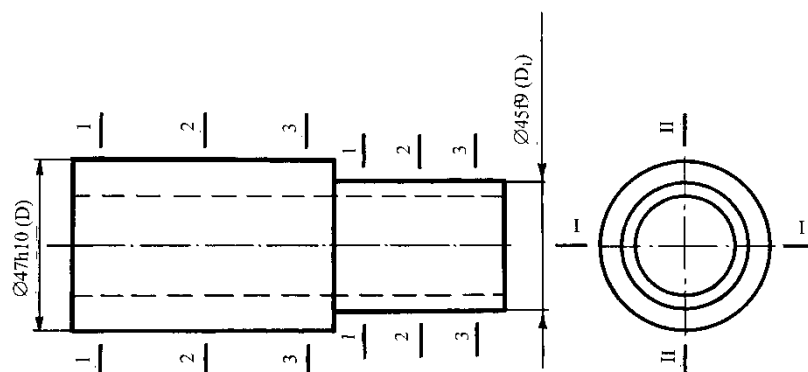
Предельные погрешности метода измерения $\pm \Delta_{lim}$ микрометрическими инструментами, мкм

Наименование средства измерения	Цена деления отсчетного устройства, мм	Интервалы размеров измеряемых деталей, мм			
		от 1 до 25	св. 25 до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 250
Нутромеры микрометрические	0,01	-	-	15	20
Микрометры гладкие	0,01	5	10	св. 50 до 80	св. 80 до 150
				10	15

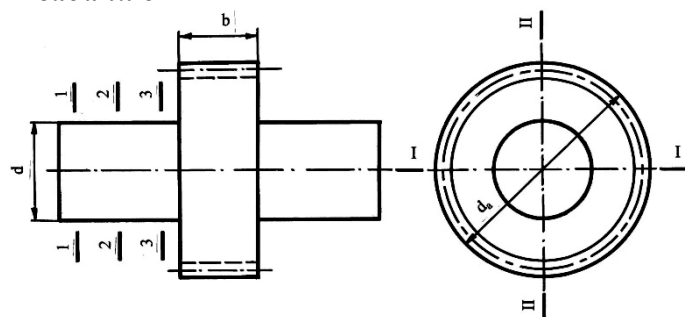
4.2. Измерить размеры деталей микрометром и микрометрическим нутромером

Эскизы деталей и схемы измерений.

К заданию 1



К заданию 2



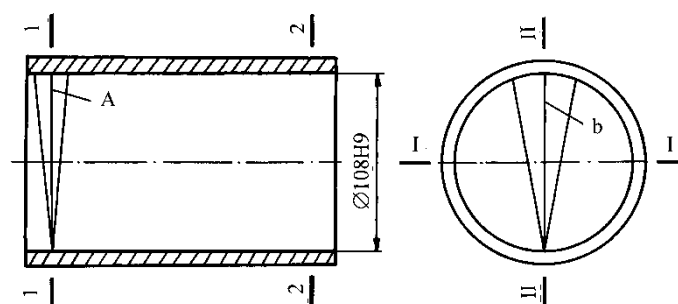
Для восстановления шестерен насосов шлифуют изношенные поверхности цапф, торцы и поверхности головок зубьев шестерен до ремонтных размеров – Р1, Р2, Р3.

Таблица 3.2.

Размеры шестерен гидравлического насоса после шлифования

Марка насоса	Маркировка	Наружный диаметр головки зуба, мм	Диаметр цапфы, мм	Длина шестерни, мм
НШ – 10	Новый	$39_{-0,075}^{-0,015}$	$18_{-0,095}^{-0,080}$	$16_{-0,035}$
	Р1	$38,8_{-0,02}$	$17,9_{-0,095}^{-0,080}$	$15,8_{-0,035}$
	Р2	$38,7_{-0,02}$	$17,8_{-0,095}^{-0,080}$	$15,7_{-0,035}$
	Р3	$38,6_{-0,02}$	$17,7_{-0,095}^{-0,080}$	$15,5_{-0,035}$

К заданию 3



5. ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Кафедра ремонта машин	Измерение микрометрическими инструментами	Работа №3
-----------------------	---	-----------

Задание 1: 1. Измерить гладким микрометром с пределами измерения 25 – 50 и ценой деления 0,01 мм размеры D и D_1 , результаты измерения занести в таблицу.

2. Построить схему полей допусков для размеров D и D_1 , определить их предельные размеры и дать заключение о годности.

3. Определить отклонения от правильной геометрической формы.

Таблица 3.4

Результаты измерения наружных диаметров									
Обозначение размеров	Направление измерения	Сечения			Действительные размеры		Предельные размеры		Заключ. о годности
		1 - 1	2 - 2	3 - 3	наиб.	наим.	наиб.	наим.	
D	I – I								
	II – II								
D_1	I – I								
	II – II								

Схема полей допусков

Отклонение от правильной геометрической формы, мм

1. Овальность
2. Конусообразность
3. Бочкообразность
4. Седлообразность

Задание 2: 1. Измерить микрометрами наружный диаметр головки зуба (d_a), диаметр цапфы (d) и длину зуба (b) шестерни масляного насоса НШ-10.

2. Дать заключение о восстановлении изношенных поверхностей шестерни.

Таблица 3.5

Результаты измерения размеров шестерни, мм							
Обознач. размер	Направл. измерения	Сечения			Обознач. размер	Действ. значения размеров	Рекоменд. размеры после шлифования
		1 – 1	2 – 2	3 – 3			
d (1-я цапфа)	I – I				d_a	1.	$d =$ $d_a =$ $b =$
	II – II					2. 3.	
d (2-я цапфа)	I – I				b	1.	
	II – II					2. 3.	

Примечание. Размеры d_a и b измерить по трем равномерно расположенным (примерно) по окружности зубьям.

Задание 3: Измерить микрометрическим нутромером с пределами измерения и ценой деления размер D гильзы, построить схему поля допуска и дать заключение о годности.

Таблица 3.6

Результаты измерения диаметра гильзы					
Обознач. размера	Номин. размер	Направл. измерен.	Сечения	Предельные размеры	Заключение о годности

			1 – 1	2 – 2	наиб.	наим.	
D	108	I – I					
		II – II					

Схема полей допусков

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Типы микрометрических инструментов, их назначение и устройство?
2. Что является общим в устройстве всех типов микрометрических инструментов?
3. Величина отсчета на скосе барабана 0,01 мм - как это достигается?
4. Как проводится проверка и настройка микрометрических инструментов?
5. Каково правило отсчета размеров при измерении микрометрическими инструментами?
6. Как расшифровать заданные условные обозначения полей допусков?

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

ПЗ-1 Практическое занятие № ПЗ-1 (2 часа).

1.1 Тема: «Основы метрологии.»

Цель работы:

1. Изучить основные положения и термины в разделе метрология.
2. Ответить на вопросы преподавателя по данной тематике.

1.1 Задачи работы: приобрести опыт работы с законодательными документами по метрологии

1.2 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: спецификой дисциплины не предусмотрены

1.3 Описание (ход) работы:

2. Общие положения

3. **Метрология** – наука об измерениях физических величин, методах и средствах измерения их единства и способах достижения требуемой точности.
4. Современная метрология делится на три составляющие: законодательная, фундаментальная, практическая.
5. **Законодательная метрология** - это раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных и обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и СИ, направленных на обеспечение единства и необходимой точности измерений.
6. Основным документом законодательной метрологии является **ФЗ «Об обеспечении единства измерений»**.
7. **Фундаментальная метрология** – раздел, служащий теоретической основой данной науки.
8. Предметами фундаментальной метрологии являются: теория измерений, теория шкал измерений, теория исходных СИ и т.д.
9. **Практическая метрология** – этот раздел метрологии освещает вопросы практического применения разработок теоретической и положений законодательной метрологии.
10. **Измерение** – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.
11. **Эталон**-средство измерения, обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы физической величины с наивысшей точностью для данного уровня развития измерительной техники с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений.

12. Метрологическая суть измерения сводится к основному уравнению измерения (основному уравнению метрологии):

13.

14. $A = kA_0$

15. где A – значение измеряемой физической величины;

16. A_0 - значение величины, принятой за образец;

17. k -отношение измеряемой величины к образцу.

18. **Средства измерительной техники** – технические средства для выполнения измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики.

19.

20. **Электроизмерительная техника** – совокупность электрических средств измерений и способов их применения для получения ИИ.

ПЗ-2 Практическое занятие № ПЗ-2(2 часа).

1.1 Тема: «Основы измерений физических величин.»

1.2 Цель работы:

1. Изучить основные положения и термины, относящиеся к физическим величинам и единицам их измерения

2. Изучить основные положения и термины, относящиеся к измерениям

3. Ответить на вопросы преподавателя по данной тематике.

1.3 Задачи работы: приобрести опыт решения задач по выбору посадок сопряжений

1.4 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: спецификой дисциплины не предусмотрены

1.5 Описание (ход) работы:

Общие положения

Физическая величина — физическое свойство материального объекта, физического явления, процесса, которое может быть охарактеризовано количественно.

Значение физической величины — одно или несколько (в случае тензорной физической величины) чисел, характеризующих эту физическую величину, с указанием единицы измерения, на основе которой они были получены.

Размер физической величины — значения чисел, фигурирующих в значении физической величины.

Размерность физической величины — единица измерения, фигурирующая в значении физической величины. Как правило, у физической величины много различных размерностей: например, у длины — метр, миля, дюйм, парсек, световой год и т. д. Часть таких единиц измерения (без учёта своих десятичных множителей) могут входить в различные системы физических единиц — СИ, СГС и др.

Основные типы шкал измерений

Для отображения результатов измерения строятся соответствующие *измерительные шкалы*.

Различают четыре основных типа измерительных шкал:

- шкала наименований;
- шкала порядка;
- интервальная шкала;
- шкала отношений.

Результатом измерения является численное значение величины, выраженной в соответствующих единицах.

Единица измерения должна быть установлена для каждой известной физической единицы.

Единицы измерения бывают:

- 1.основными

- 2.дополнительными
- 3. производственными

Совокупность основных и производственных единиц физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется **системой единиц физических величин**.

Международная система единиц (система СИ) была принята XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 году.

На территории нашей страны система единиц СИ установлена соответствующим ГОСТом «ГСИ. Единица физических величин» (таблица 1).

Таблица 1 - Единицы Международной системы СИ

<i>Наименование величины</i>	<i>Наименование единицы</i>
Основные единицы	
1.Длина	метр
2.Масса	килограмм
3.Время	секунда
4.Сила электрического тока	ампер
5.Термодинамическая температура	кельвин
6.Количества вещества	моль
7.Сила тока	канделла
Дополнительные единицы	
1.Плоский угол	Рад
2.Телесный угол	стерадиан

Виды измерений:

- Прямые измерения;
- Непрямые измерения:
 - косвенные
 - совокупные:
 - совместные:

Методы измерений:

- метод **непосредственной оценки**;
- методы **сравнения**:
 - сопоставления
 - совпадения
 - дифференциальный
 - уравнивания (нулевой)
 - замещения.
 -

ПЗ-3 Практическое занятие № ПЗ-3(2 часа).

1.6 Тема: «Погрешности измерений и их анализ

1.7 Цель работы:

2. Познакомиться с общими понятиями о погрешностях измерений.
3. Изучить и дать определение каждому из видов погрешностей измерения.
4. Построить классификацию погрешностей измерения.
5. Изучить методику определения случайных погрешностей.
6. В соответствии с вариантом (табл. 2) определить абсолютную и относительную погрешность измерения.

Задачи работы: приобрести опыт решения задач по расчету и анализу погрешностей

Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: спецификой дисциплины не предусмотрены

Описание (ход) работы:

Измерения не могут быть выполнены абсолютно точно. Всегда имеется некоторая неопределенность в значении измеряемой величины. Эта неопределенность характеризуется погрешностью отклонением измеренного значения величины от ее истинного значения.

При анализе измерений разграничиваются 2 понятия: истинное значение величины и результатом измерения.

Точность измерений характеризуется погрешностью измерения

$$\Delta u = L_{изм} - L_{ист}$$

На практике, вместо истинного значения используют так называемое действительное значение, т.е. значение найденное измерением с точностью примерно на порядок выше точности оцениваемого результата (рисунок 1).

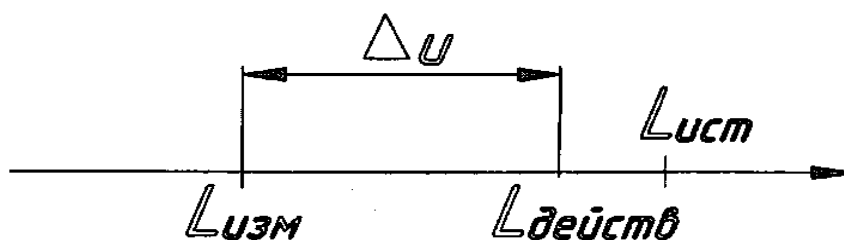


Рисунок 1-Определение погрешности измерений

Приведем некоторые из причин, приводящих к появлению погрешностей.

1. Ограниченная точность измерительных приборов.
2. Влияние на измерение неконтролируемых изменений внешних условий (напряжения в электрической сети, температуры и т.д.)
3. Действия экспериментатора (включение секундомера с некоторым запаздыванием, различное размещение глаз по отношению к шкале прибора и т.п.).
4. Неполное соответствие измеряемого объекта той абстракции, которая принята для измеряемой величины (например, при измерении объема)

Абсолютная погрешность — ΔX является оценкой абсолютной ошибки измерения. Величина этой погрешности зависит от способа её вычисления, который, в свою очередь, определяется распределением случайной величины X_{meas} . При этом равенство:

$$\Delta X = |X_{true} - X_{meas}|$$

где X_{true} — истинное значение, а X_{meas} — измеренное значение, должно выполняться с некоторой вероятностью близкой к 1. Если случайная величина X_{meas} распределена по нормальному закону, то, обычно, за абсолютную погрешность принимают её среднеквадратичное отклонение. Абсолютная погрешность измеряется в тех же единицах измерения, что и сама величина.

Относительная погрешность - отношение абсолютной погрешности к тому значению, которое принимается за истинное:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X}$$

Относительная погрешность является безразмерная величина (может измеряться в процентах).

Приведенная погрешность – относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона. Вычисляется по формуле:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X_n},$$

где X_n - нормирующее значение, которое зависит от типа шкалы измерительного прибора и определяется по его градуировке:

- если шкала прибора односторонняя, т.е. нижний предел измерений равен нулю, то X_n определяется равным верхнему пределу измерений;

- если шкала прибора двухсторонняя, то нормирующее значение равно ширине диапазона измерений прибора.

Приведенная погрешность – безразмерная величина (может измеряться в процентах)

По причине возникновения:

Инструментальные (приборные погрешности) - погрешности, которые определяются погрешностями применяемых средств измерений и вызываются несовершенством принципа действия, неточностью градуировки шкалы, ненаглядностью прибора.

Методические погрешности - погрешности, обусловленные несовершенством метода, а также упрощениями, положенными в основу методики.

Субъективные / операторные / личные погрешности - погрешности, обусловленные степенью внимательности, сосредоточенности, подготовленности и другими качествами оператора.

По характеру проявления:

Случайная погрешность — погрешность, меняющаяся (по величине и по знаку) от измерения к измерению. Случайные погрешности могут быть связаны с несовершенством приборов (трение в механических приборах и т.п.), тряской в городских условиях, с несовершенством объекта измерений (например, при измерении диаметра тонкой проволоки, которая может иметь не совсем круглое сечение в результате несовершенства процесса изготовления), с особенностями самой измеряемой величины (например при измерении количества элементарных частиц, проходящих в минуту через счётчик Гейгера).

Систематическая погрешность — погрешность, изменяющаяся во времени по определенному закону (частным случаем является постоянная погрешность, не изменяющаяся с течением времени). Систематические погрешности могут быть связаны с ошибками приборов (неправильная шкала, калибровка и т.п.), неучтёнными экспериментатором.

Грубая погрешность (промах) — погрешность, возникшая вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности аппаратуры (например, если экспериментатор неправильно прочёл номер деления на шкале прибора, если произошло замыкание в электрической цепи).

По способу измерения:

Погрешность прямых измерений

Погрешность косвенных измерений — погрешность вычисляемой (не измеряемой непосредственно) величины:

Если $F = F(x_1, x_2 \dots x_n)$, где x_i — непосредственно измеряемые независимые величины, имеющие погрешность Δx_i , тогда:

$$\Delta F = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\Delta x_i \frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2}$$

Вычисление погрешностей

В дальнейшем будем предполагать, что:

- 1) грубые погрешности исключены;
- 2) поправки, которые следовало определить (например, смещение нулевого деления

шкалы), вычислены и внесены в окончательные результаты;

3) все систематические погрешности известны (с точностью до знака).

В этом случае результаты измерений оказываются все же не свободными от случайных погрешностей. Но случайная погрешность уменьшается при увеличении числа измерений.

Поскольку из-за наличия случайных погрешностей результаты измерений по своей природе представляют собой тоже случайные величины, истинного значения $x_{ист}$ измеряемой величины указать нельзя. Однако можно установить некоторый интервал значений измеряемой величины вблизи полученного в результате измерений значения $x_{изм}$, в котором с определенной вероятностью содержится $x_{ист}$. Тогда результат измерений можно представить в следующем виде:

$$x_i - \Delta x \leq x_{ист} \leq x_{изм} + \Delta x$$

где Δx - погрешность измерений. Вследствие случайного характера погрешности точно определить ее величину невозможно. В противном случае найденную погрешность можно было бы ввести в результат измерения в качестве поправки и получить истинное значение $x_{ист}$. Задача наилучшей оценки значения $x_{ист}$ и определения пределов интервала (5) по результатам измерений является предметом математической статистики. Воспользуемся некоторыми ее результатами.

Пусть проведено n измерений величины x . Тогда за лучшую оценку истинного значения результата измерений принимается среднее арифметическое значение

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

где: x_i - результат i -го измерения.

Для оценки случайной погрешности измерения существует несколько способов. Наиболее распространена оценка с помощью стандартной или средней квадратичной погрешности σ (ее часто называют стандартной погрешностью или стандартом измерений).

Средней квадратичной погрешностью называется величина

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2}{n - 1}}$$

где n - число наблюдений.

Если число наблюдений очень велико, то подверженная случайным колебаниям величина S_n стремится к постоянному значению σ :

$$\sigma = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n$$

Квадрат этой величины называется дисперсией измерений. Таким образом по результатам измерений всегда вычисляется не σ , а ее приближенное значение S_n , которое, вообще говоря, тем ближе к σ , чем больше n .

Все сказанное выше о погрешностях относится к погрешностям отдельного измерения. Однако важнее знать, насколько может уклоняться от истинного значения x среднее арифметическое, полученное по формуле (2) для

n повторных равноточных измерений. Теория показывает, что средняя квадратичная погрешность среднего арифметического S равна средней квадратичной погрешности отдельного результата измерений S_n , деленной на корень квадратный из числа измерений n , то есть

$$S = \frac{S_n}{\sqrt{n}}$$

Это фундаментальный закон возрастания точности при росте числа наблюдений.

Пусть α означает вероятность того, что результат измерений отличается от истинного на величину, не большую, чем Δx . Вероятность α в этом случае носит название доверительной вероятности, а интервал значений измеряемой величины от $-\Delta x$ до $+\Delta x$

называется доверительным интервалом.

Определим доверительный интервал. Чем большим будет установлен этот интервал, тем с большей вероятностью $x_{ист}$ попадает в этот интервал. С другой стороны, более широкий интервал дает меньшую информацию относительно величины $x_{ист}$. Если ограничиться учетом только случайных погрешностей, то при небольшом числе измерений n для уровня доверительной вероятности α полуширина доверительного интервала (5) равна

$$\Delta x_n = t_{\alpha, n} S$$

где $t_{\alpha, n}$ - коэффициент Стьюдента (таблица 1).

Таблица 1 - Коэффициенты Стьюдента

Коэффициенты Стьюдента					
$\alpha = 0.68$		$\alpha = 0.95$		$\alpha = 0.99$	
n	$t_{\alpha, n}$	n	$t_{\alpha, n}$	n	$t_{\alpha, n}$
2	2.0	2	12.7	2	63.7
3	1.3	3	4.3	3	9.9
4	1.3	4	3.2	4	5.8
5	1.2	5	2.8	5	4.6
6	1.2	6	2.6	6	4.0
7	1.1	7	2.4	7	3.7
8	1.1	8	2.4	8	3.5
9	1.1	9	2.3	9	3.4
10	1.1	10	2.3	10	3.3
15	1.1	15	2.1	15	3.0
20	1.1	20	2.1	20	2.9
30	1.1	30	2.0	30	2.8
100	1.0	100	2.0	100	2.6

Смысл понятий "доверительный интервал" и "доверительная вероятность" состоит в следующем: пусть $\alpha = 0.95$, тогда можно утверждать с надежностью 95%, что истинное значение величины $x_{ист}$ не отличается от оценки (6) больше, чем на $+\Delta x_{сл}$. Значения коэффициентов $t_{\alpha, n}$ в зависимости от α и n табулированы (см. табл. 1). Чтобы окончательно установить границы доверительного интервала необходимо расширить его с учетом систематической погрешности $\Delta x_{сист}$. Систематическая погрешность, как правило, указана в паспорте или на шкале прибора, а в простейших случаях может быть принята равной половине цены деления младшего разряда шкалы. Обычно (хотя, строго говоря, и неверно) суммарная погрешность определяется как корень квадратный из суммы квадратов случайной и систематической погрешностей:

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{сл}^2 + \Delta x_{сист}^2}$$

Определенная согласно (11) величина Δx является абсолютной погрешностью.

Очевидно, что при одном и том же значении Δx результат может оказаться достаточно точным при измерении некоторой большой величины, тогда как при измерении малой величины его точность будет недостаточной. Например, пусть имеется возможность измерять линейные размеры с погрешностью $\Delta x = 1$ мм. Ясно, что это заведомо превышает необходимую точность при измерении, скажем, размеров комнаты, но измерение окажется слишком грубым при определении толщины монеты.

Таким образом, становится понятной необходимость введения относительной погрешности, которая определяется по формуле (2) и выражается, обычно, в процентах. Как видно, выражение (2) позволяет оценить величину погрешности по отношению к самой измеряемой величине.

Рассмотрим теперь случай, когда при повторении измерений в одних и тех же условиях устойчиво получаются одинаковые значения $x = x_0$. В этом случае систематическая погрешность настолько превышает случайную, что влияние случайной погрешности полностью маскируется. Истинное значение x отнюдь не равно x_0 . Оно, по-прежнему, остается неизвестным, и для него можно записать $x = x_0 + \Delta x$, причем погрешность Δx определяется в данном случае воспроизводящимися от опыта к опыту ошибками, связанными с неточностью измерительных приборов или метода измерений.

Такую погрешность Δx , как отмечалось, называют систематической. Для более точного определения физической величины x в данном случае необходимо изменить постановку самого опыта: взять прибор более высокого класса точности, улучшить методику измерений и т.п.

При обработке результатов прямых (непосредственных) измерений предлагается следующий порядок операций:

1. Вычисляется среднее из n измерений:

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2. Определяется среднеквадратичная погрешность среднего арифметического:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\langle x \rangle - x_i)^2}{n(n-1)}}$$

3. Задается доверительная вероятность α и определяется коэффициент Стьюдента $t_{\alpha, n}$ для заданного α и числа произведенных измерений n по таблице 1.

4. Находится полуширина доверительного интервала (абсолютная погрешность результата измерений):

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{сис}}^2 + \Delta x_{\text{сл}}^2}$$

где $\Delta x = t_{\alpha, n} S$

5. Оценивается относительная погрешность результата измерений

$$\delta = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle}$$

6. Окончательный результат записывается в виде

$$x = \langle x \rangle \pm \Delta x.$$

П р и м е р .

Пусть при измерении пять раз длины L предмета с помощью формул (5), (6) и (9) получены среднее арифметическое значение длины $L = 64,945$ мм и стандартное отклонение среднего арифметического $S = 0,057879186$ мм. Измерения проводились с помощью штангенциркуля с допустимой приборной погрешностью $\Delta L_{\text{пр}} = 0,05$ мм. Задав доверительную вероятность $\alpha = 0,95$, находим по таблице 1 коэффициент Стьюдента для пяти измерений $t_{\alpha, n} = 2,8$. Умножив на него S , получим случайную погрешность $\Delta L_{\text{сл}} = 0,16206172$ мм. Полагая, что доверительная вероятность приборной погрешности не менее

0,95, по формуле (11) найдем полную абсолютную погрешность измерения $\Delta L = 0,16959953$ мм и его относительную погрешность $\Delta L/L = 0,0026114332$

Здесь предполагалось, что расчет проводился на калькуляторе с восемью значащими цифрами.

Перед окончательной записью результата полученные при расчете числа следует округлить. При этом в абсолютной погрешности ΔL , первая значащая цифра которой 1, следует оставить две значащих цифры, а в относительной погрешности $\Delta L/L$ одну, т.е. записать $\Delta L = 0,17$ мм и $\Delta L/L = 0,003$. Так как последняя значащая цифра абсолютной погрешности находится в разряде сотых, то результат измерения длины также следует округлить до сотых, т.е. записать $L = 64,95$ мм.

Таким образом, запись окончательного результата измерения должна иметь следующий вид $L = (64,95 \pm 0,17)$ мм, $\Delta L/L = 0,003 = 0,3\%$ (доверительная вероятность $\alpha=0,95$).

Если результат желательно представить в метрах, то первая строка примет вид: $L = (6,495 \pm 0,017) \cdot 10^{-2}$ м.

В соответствии с номером варианта определить абсолютную погрешность измерения:

Дано:

1. Среднее арифметическое значение длины L
2. Стандартное отклонение среднего арифметического S
3. Допустимая приборная погрешность $\Delta L_{\text{пр}}$
3. Доверительная вероятность α

Найти:

1. Определить абсолютную погрешность измерения.
2. Определить относительную погрешность измерения
3. Записать окончательный результат

Таблица 2-Исходные данные

Вариант	L	S	$\Delta L_{\text{пр}}$	α
1	53,325	0,01254789	0,05	
2	14,325	0,02547854	0,02	
3	15,658	0,02598765	0,01	
4	19,587	0,68547896	0,03	
5	20,365	0,01452145	0,04	
6	98,365	0,06589745	0,06	
7	58,354	0,09854755	0,07	0,95
8	52,325	0,06587411	0,08	
9	54,214	0,02541211	0,09	
10	100,254	0,09874566	0,05	