

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 подготовки (специализация) Интеллектуальные системы обработки информации и управления

Квалификация выпускника бакалавр

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций

Лекция № 1 Предмет, задачи и методика изучения курса "Метрология и измерительная техника". Основы метрологии. Физические величины и единицы их измерения.	3
Лекция № 2 Физические величины и единицы их измерения.	6
Лекция № 3 Классификация и основные характеристики измерений.	6
Лекция № 4 Погрешности измерения и их анализ.	8
Лекция № 5 Нормативная база в области стандартизации	8
Лекция № 6 -7 Основы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок ЕСДП.	
Лекция №8 Нормирование точности поверхностей деталей машин по шероховатости.	14
Лекция №9 Размерный анализ	
Лекция № 10-11-12 Обработка результатов измерений. Средства измерений.	15
Лекция № 13-14 Параметры средств измерений.	17
Лекция № 15 Метрологическая аттестация	17
Лекция № 16 Обеспечение единства измерений	
Лекция № 17 Единство измерений	18
Лекция № 18 Метрологическое обеспечение	19
Методические материалы по выполнению лабораторных работ (не предусмотрено рабочим планом)	20
Методические материалы по по проведению практических занятий	20
Практическое занятие № ПЗ-1 Основы метрологии.	20
Практическое занятие № ПЗ-2 Основы измерений физических величин.	26
Практическое занятие № ПЗ-3 Погрешность измерений	36
Практическое занятие № ПЗ-4 Изучение закона «О техническом регулировании».	42
Практическое занятие № ПЗ-5 Определение основных элементов соединения.	44
Практическое занятие № ПЗ-6 Определение основных элементов соединения.	46
Практическое занятие № ПЗ-7 Единая система допусков и посадок.	50
Практическое занятие № ПЗ-8 Единая система допусков и посадок.	55
Практическое занятие № ПЗ-9 Комплексная стандартизация, унификация, агрегатирование	59
Практическое занятие № ПЗ-10 Размерный анализ	64
Практическое занятие № ПЗ-11 Оценка случайной погрешности прямых измерений.	68
Практическое занятие № ПЗ-12 Обработка результатов измерений.	73
Практическое занятие № ПЗ-13 Выявление и исключение промахов из серии измерений	78
Практическое занятие № ПЗ-14 Выбор средств измерений.	80
Практическое занятие № ПЗ-15 Метрологическая аттестация средств измерений.	82
Практическое занятие № ПЗ-16 Структура метрологического обеспечения единства измерений.	85
Практическое занятие № ПЗ-17 Изучение закона «Об обеспечении единства измерения».	88
Методические материалы по проведению семинарских занятий (не предусмотрено рабочим планом)	90

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.

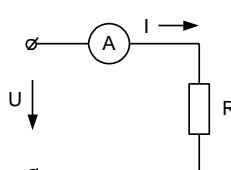
Средства измерительной техники – технические средства для выполнения измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики.

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:

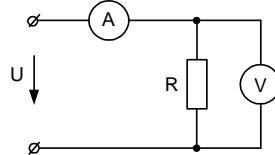
- Непрямые измерения:

- 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:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1(X_1, X_2; X_3 \dots) = 0, \\ F_2(X_1, X_2; X_3 \dots) = 0. \end{array} \right.$$

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:

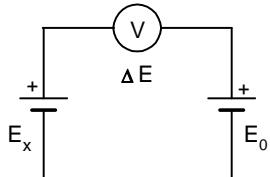
- сопоставления

- 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.

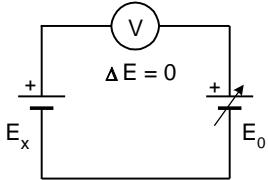
- дифференциальный



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

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

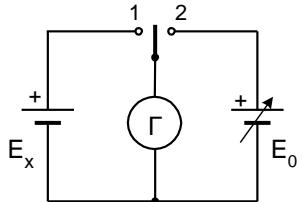
- уравновешивания (нулевой)



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

$$E_x = E_0;$$

- замещения



– к прибору поочередно подключаются X_{uzm} 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.

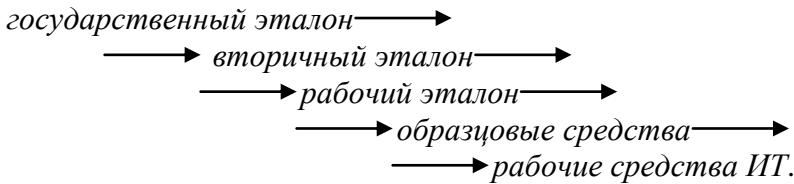
Основные положения ГСИ:

- 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 *проверке* при эксплуатации.

Проверка – установление соответствия средств ИТ нормативным техническим требованиям.

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

Проверочные 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 °C. Такие колебания температуры обусловливают 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 лечения, 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 необходимости 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, занимающей 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, хозяйствственные, 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/МЭГ.

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 экспортную или импортную 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";
- 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 попятной 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

Лекции: №4 (2 часа)

1.1 Тема: Основы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок ЕСДП.

Вопросы лекции:

1. Единая система допусков и посадок
2. Понятие о взаимозаменяемости.

Краткое содержание вопросов:

1. Единая система допусков и посадок

Гладкие цилиндрические соединения по назначению разделяют на подвижные и неподвижные.

Основное требование, предъявляемое к ответственным подвижным соединениям, - создание между валом и отверстием наименьшего гарантированного зазора, а прецизионных соединений, кроме того, - точнее центрирование и равномерное вращение вала.

Основное требование, предъявляемое к неподвижным соединениям обеспечение точного центрирования деталей и передача в процессе длительной эксплуатации заданного крутящего момента или осевой силы благодаря гарантированному натягу и дополнительному креплению деталей шпонками, стопорными винтами и т.п.

Обеспечение наибольшей долговечности - общее требование ко всем соединениям деталей машины и приборов.

Чтобы обеспечить минимально необходимое, но достаточное число посадок в соответствии с эксплуатационными требованиями, разработана система допусков и посадок.

Системой допусков и посадок называется закономерно построенная совокупность допусков и посадок, оформленная в виде стандартов. Использование стандартных допусков и посадок обеспечивает взаимозаменяемость деталей и делает возможной стандартизацию режущего и измерительного инструмента.

В нашей стране действует Единая система допусков и посадок (ЕСДП), разработанная в соответствии с рекомендациями международной организации по стандартизации ИСО и оформленная в виде стандартов ГОСТ 25346 - 82 и ГОСТ 25347-82. 2.

Понятие о взаимозаменяемости

Взаимозаменяемость - это пригодность одного изделия (машин, приборов, механизмов) процесса, услуги, в другом изделии, процессе, услуге в целях выполнения одних и тех же функций.

Применительно к машинам и механизмам. Взаимозаменяемость, это свойство независимо изготовленных деталей, сборочных единиц одного и того же значения и наименования занимать свое место без дополнительной пригонки, регулировки и подборе при сборке, обеспечивая при этом соответствия техническим требованиям предъявляемым к машине в целом. Выполнение требований, к точностным параметрам деталей и сборочных единиц

является одним из условий взаимозаменяемости. Для обеспечения взаимозаменяемости необходимо устанавливать оптимальные, номинальные значения параметров деталей и сборочных единиц выполнять требования к материалу, технологии и изготовления, контроля.

Взаимозаменяемыми могут быть детали, сборочные единицы и изделия в целом, прежде всего детали и сборочные единицы от которых зависят и другие эксплуатационные показатели изделий. Однотипные детали, изделия, например болты, шпильки, гайки, подшипники качения, могут быть независимо с заданной точностью изготовлены на различных предприятиях и установлены на «свои места» без дополнительной обработки и предварительной пригонки.

Независимое изготовление - это изготовление изделий в разное время, в разных местах. Деталь - это изделие изготовленное из одного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Сборочная единица - это изделие составные части которого подлежат соединению между собой в сборочном цехе предприятия, изготовления сборочных операций.

Различают полную и неполную, внешнюю и внутреннюю взаимозаменяемость и функциональную взаимозаменяемость.

Полная взаимозаменяемость - это такая взаимозаменяемость, которой обеспечивается взаимозаменяемость без пригоночной сборки (или замены при ремонте) любых независимо изготовленных с заданной точностью типовых деталей сборочной единицы. Полная взаимозаменяемость возможна только тогда, когда размеры, отклонения формы, расположения, шероховатость, волнистость и другие механические количественные и качественные характеристики поверхностей деталей и сборочных единиц после изготовления находятся в заданных пределах и собранные изделия удовлетворяют техническим требованиям.

Неполная взаимозаменяемость - это такая взаимозаменяемость, при которой для обеспечения требуемой точности изделия предусматриваются некоторые конструктивные особенности узла или вводиться дополнительные технологические мероприятия (доводка, пригонка деталей по месту) и другие дополнительные, технологические мероприятия. Осуществляется не по всем, а только то, что должны подгонять.

Внешняя взаимозаменяемость - это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий (монтируемых в других более сложных изделиях) по размерам и форме при соединительных поверхностей эксплуатационным показателям, параметрам.

Внутренняя взаимозаменяемость — это взаимозаменяемость всех или некоторых деталей, составляющим сборочные единицы и механизмы, входящие в изделия.

Функциональная взаимозаменяемость - свойство независимо изготовленных деталей не только, возможность нормальной сборки, но и нормативной работы изделия после установки в нем новой детали.

Геометрическая взаимозаменяемость - выделяется особо, т.к. машиностроительном производстве именно формообразование детали является преемственным видом работ. Геометрические параметры взаимосвязанных изделий всегда получается с ограниченной точностью.

Лекции: №5 (2 часа)

Тема: Обработка результатов измерений. Средства измерений.

Вопросы лекции:

1. Классификация измерений
2. Основные характеристики измерений

Краткое содержание вопросов:

Измерения классифицируют по нескольким признакам, наиболее важные из которых отражены на рис. 1.1. По первому классификационному признаку измерения подразделяют

на: статические, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени в процессе измерения, и динамические, при которых измеряемая величина изменяется в процессе измерения. Классификация по второму признаку является в большой степени условной, однако широко применяется в измерительной технике. Ею определяются сложившиеся совокупности родственных по природе или применению в отдельных областях науки или техники физических величин. По третьему признаку измерения подразделяют на три класса. Измерения максимально возможной точности, достижимой при современном уровне техники. Это измерения, связанные с созданием и воспроизведением эталонов, а также измерения универсальных физических констант. 8 Контрольно-проверочные измерения, погрешности которых не должны превышать заданного значения. Такие измерения осуществляются в основном государственными и ведомственными метрологическими службами. Технические измерения, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Технические измерения являются наиболее распространенными и выполняются во всех отраслях хозяйства и науки. К ним, в частности, относятся и технологические измерения. Четвертым классификационным признаком служит число измерений (наблюдений при измерении или просто наблюдений), выполняемых для получения результата. По пятому признаку измерения в зависимости от вида функциональной связи между искомой и непосредственно измеряемой величинами и от способа получения числового значения измеряемой величины все измерения разделяются на: прямые, косвенные, совокупные и совместные. Прямыми называется измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных. Примерами прямых измерений являются измерение сопротивления омметром, измерение мощности ваттметром, измерение давления манометром и т.д. Косвенным называется измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. При этом числовое значение искомой величины определяется по формуле: $12 m_z = F(a_1, a_2, \dots, a_m)$, где z – значение искомой величины, a_1, a_2, \dots, a_m – значения непосредственно измеряемых величин. Примеры косвенных измерений: определение значения активного сопротивления R резистора на основе прямых измерений силы тока I через резистор и падения напряжения U на нем по формуле $R = U / I$. К совокупным относятся производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин.

2.Основные характеристики измерений

Метод непосредственной оценки (отсчета) – метод измерений, в котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия. Прибор прямого действия – измерительный прибор, в котором сигнал измерительной информации движется в одном направлении, а именно с входа на выход. Метод сравнения с мерой – метод измерения, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Методы сравнения в зависимости от наличия или отсутствия при сравнении разности между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, подразделяют на нулевой и дифференциальный. Нулевой метод – это метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля (прибор сравнения, или компаратор, – измерительный прибор, предназначенный для сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно). Дифференциальный метод – это метод сравнения с мерой, в котором на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой. Этот метод позволяет получать результаты измерений с высокой точностью даже в случае применения относительно неточных измерительных приборов, если с большой точностью воспроизводится известная величина. Метод противопоставления – метод сравнения с мерой, в котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействует на прибор сравнения, с

помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами. Методом замещения называется метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой. Это, например, взвешивание с поочередным помещением массы и гирь на одну и ту же чашку весов

Лекции: №6(2 часа)

Тема: Параметры средств измерений.

Вопросы лекции:

1. Классификация измерений
2. Основные характеристики измерений

Краткое содержание вопросов:

Длина деления шкалы –расстояние между осями (центрами) двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы.

Цена деления шкалы –разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы (1мкм для оптиметра, длинномера и т. п.).

Градуировочная характеристика –зависимость между значениями величин на выходе и входе средства измерений. Градуировочную характеристику снимают для уточнения результатов измерений.

Диапазон показаний –область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы, т. е. измеряемой величины. Например, для оптиметра типа ИКВ – 3 диапазон показаний составляет $\pm 0,1\text{мм}$.

Диапазон измерений –область значений измеряемой величины с нормированными допускаемыми погрешностями средства измерений. Для того же оптиметра типа ИКВ – 3 диапазон измерений длин составляет 0 – 200мм.

Лекции: №5 (2 часа)

Тема: Метрологическая аттестация

Вопросы лекции:

- 1.Основные задачи метрологической аттестации
2. Калибровка средств измерений

Краткое содержание вопросов:

Метрологическая аттестация – это комплекс мероприятий по исследованию метрологических характеристик и свойств средства измерения с целью принятия решения о пригодности его применения в качестве образцового.

Основными задачами метрологической аттестации являются:

- определение и установление соответствия метрологических характеристик средств измерений требованиям распространяющихся на них документов с указанием полученных данных в свидетельстве;
- установление перечня метрологических характеристик средств измерений, подлежащих контролю при поверке;
- опробование методики поверки.

Метрологическую аттестацию средств измерений осуществляют:

- государственная метрологическая служба;
- ведомственные метрологические службы.

Метрологическая аттестация регулировалась ГОСТ 8.326-89 Метрологическая аттестация средств измерений. На сегодняшний день этот ГОСТ упразднён.

Вместо него действует правило регистрации ПР 50.2.009-94 Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений.

Калибровка средств измерений - совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений.

В отличие от поверки, которую совершают органы ГМС, калибровка может проводиться любой метрологической службой (или физ.лицом) при наличии надлежащих условий для квалификационного выполнения этой работы.

Калибровка – добровольная операция, и ее могут выполнять также и метрологическая служба самого предприятия.

Результаты калибровки средств измерений удостоверяются калибровочным знаком или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах. Перечень средств измерений, не подлежащих поверке, для которых допускается процедура калибровки, утверждается Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

Калибровка средств измерений регулируется ст. 18 ФЗ Об обеспечении единства измерений.

Лекции: №8(2 часа)

Тема:

Вопросы лекции:

1. Задача обеспечения единства измерений
2. Основными *объектами ГСИ*

Краткое содержание вопросов:

Задача обеспечения единства измерений стоит с незапамятных времен, ибо потребность в этом возникла одновременно с потребностью в измерениях. При этом по мере развития науки и промышленности непрерывно возрастал уровень требований к единству измерений. Это выражается всесторонне:

- охватывается все большее количество областей и видов измерений, непрерывно увеличиваются диапазоны измерений;
- охватываются все сферы приложения измерительной информации (торговля, различные отрасли промышленности и сельского хозяйства, военное дело, наука, здравоохранение, транспорт, связь, природоохранная деятельность и т. д.);
- непрерывно возрастают достигнутый уровень точности измерений и требования к точности измерений;
- расширяется территория, охваченная единством измерений, — в средние века отдельный рынок или предприятие, затем населенный пункт, далее регион, государство и, наконец, весь мир;
- повышаются значимость единства измерений и, соответственно, материальные, финансовые и трудовые ресурсы, выделяемые на его обеспечение.

К концу XX века складывавшаяся веками (назовем ее классической) система обеспечения единства измерений сформировалась окончательно. В ее основе лежит определение прослеживаемое™, приведенное в п. 6.1. Для того чтобы обеспечить единство в каком-либо виде измерений, необходимо:

- выработать коллегиально и узаконить теоретическое определение единицы этой величины,
- воспроизвести эту единицу каким-то определенным эталоном, являющимся исходным, с возможно более высокой точностью,
- регулярно, с периодичностью, обусловленной нестабильностью СИ, передавать размер единицы, хранимый исходным эталоном, всем СИ данной величины, также с возможно более высокой точностью.

Для решения первой задачи наиболее авторитетные физические и метрологические лаборатории мира проводят научные исследования, направленные на познание новых

физических закономерностей и уточнение фундаментальных физических констант. На основании результатов этих исследований высший коллегиальный орган метрологического сообщества мира — Генеральная конференция по мерам и весам — периодически утверждает новые теоретические определения единиц физических величин.

Для решения остальных задач создаются иерархические системы:

- эталонов, в которых все они, кроме исходных эталонов, подчиняются другим, более точным эталонам,
- метрологических документов, регламентирующих воспроизведение единиц и передачу их размеров,
- метрологических служб, выполняющих эти работы.

В России первая из названных систем называется **технической основой системы обеспечения единства измерений**, вторая — **нормативной основой**, третья — **организационной основой**.

2. Основными *объектами* ГСИ являются:

- единицы ФВ;
- государственные эталоны и общероссийские поверочные схемы;
- методы и средства поверки и калибровки СИ;
- номенклатура и способы нормирования метрологических характеристик (MX) средств измерений;
- нормы точности измерений;
- методы выполнения измерений;
- термины и определения в области метрологии;
- организация и порядок проведения государственных испытаний СИ;
- экспертиза данных о свойствах материалов и веществ;
- метрологическая экспертиза проектной, конструкторской и технологической документации.

Лекции: №9(2 часа)

Тема: Метрологическое обеспечение

Вопросы лекции:

1. Объекты метрологического обеспечения
2. Теоретическая база метрологического обеспечения

Краткое содержание вопросов:

Метрологическое обеспечение измерений охватывает: Единицы физ. величин. Поверочные схемы и государственные эталоны. Методы и инструменты поверки. Способы нормирования и номенклатуру параметров средств измерений. Показатели точности. Способы выражения, формы представления параметров и результатов. Методики замеров. Методы оценки достоверности, формы предоставления сведений о свойствах материалов и веществ. Требования к образцам. Определения и термины. Организацию и порядок выполнения испытаний, метрологической аттестации и проверки, калибровки, экспертизы нормативно-технической, технологической, конструкторской, проектной документации.

2. Теоретическая база Метрологическое обеспечение Государственных эталонов. Они устанавливаются для единиц физ. величин. Комплекс включает в себя 114 основных и более 250 вторичных эталонов. Операций по передаче размеров единиц физ. величин от образцов к рабочим средствам измерения. Процедур разработки, выпуска в обращение инструментов и оборудования для осуществления замеров. Операций по государственным испытаниям. Процедур поверки и калибровки. Стандартных образцов свойств и состава материалов и веществ, справочной информации об их физических константах и характеристиках.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

ПР-1 Основы метрологии.

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

1.2 Тема: «Основы метрологии»

1.3 Цель работы: повторить основные понятия теории метрологии, закрепить эти понятия в практике решения задач

1.4 Задачи работы:

1.5 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: спецификой данного занятия не предусмотрены

1.6 Описание (ход) работы:

«Наука начинается с тех пор, как начинают измерять» — эти слова Д. И. Менделеева особенно актуальны сейчас, когда наука стала непосредственной производительной силой и без измерений немыслима современная хозяйственно-экономическая и общественная деятельность человека.

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

Основные вопросы, решаемые метрологией:

1. Установление и воспроизведение единиц измерения в виде эталонов;
2. Разработка средств и методов измерения;
3. Разработка путей повышения точности измерения;
4. Изучение точности средств измерения;
5. Разработка способов передачи единиц измерения от эталонов к контролируемым объектам;
6. Обеспечение единства измерений, единообразия средств и требуемой точности измерения.

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

При измерении определяется отношение одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принимаемой за единицу. Результатом измерения является численное значение величины, выраженной в соответствующих единицах.

Контроль — частный случай измерения, при котором устанавливают, соответствуют ли значения физических величин допускаемым предельным значениям.

Всякое измерение неизбежно связано с наличием погрешности. При проведении линейных и угловых измерений действительным размером называется размер, полученный измерением с допустимой погрешностью.

Обеспечение взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов немыслимо без достижения соответствующего уровня развития измерительной техники. Технические измерения в машиностроении являются органической частью всего технологического процесса. Состояние измерительной техники значительно влияет на экономику производства машин и их качество. Научно обоснованная система управления качеством предполагает наличие и правильное использование всех необходимых средств измерения и контроля.

Основные требования, предъявляемые в машиностроении к техническим измерениям: точность, производительность и возможность заранее предупреждать появление брака. В ремонтном производстве, как одной из отраслей машиностроения, к техническим средствам предъявляют в основном те же требования. Однако при ремонте машин часто необходимо проводить специфические измерения, связанные с дефектацией, проверкой соединений новых деталей с частичноизношенными, использованием ремонтных размеров. Это требует от инженера глубокого понимания существа обоснованного выбора методов и средств измерения в каждом конкретном случае, а иногда и разработки новых способов измерения.

Классификация средств измерения и контроля

Широкая специализация и кооперирование производства, основанные на принципе взаимозаменяемости, требуют обеспечения единства и необходимой точности измерений. Единство измерений – такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и имеют нормированную точность.

Разработана научно обоснованная система передачи размеров единиц длины и методов их проверки, которая является частью - государственной системы измерений (ГСИ).

Средство измерения – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменной (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени

Все средства измерения делятся на три типа.

Эталоны – образцовые меры и приборы, предназначенные для воспроизведения и хранения единиц измерений с наивысшей точностью. К ним относятся государственный прототип метра, эталонные наборы концевых мер длины: первичные, вторичные, третичные. Длину первичных эталонов проверяют по прототипу метра, вторичных – по первичным, третичных – по вторичным.

Образцовые меры и приборы предназначены для градуировки и проверки лабораторных и заводских мер. Образцовые меры 1-го разряда проверяют по третичным эталонам; 2-го разряда - по образцовым мерам 1-го разряда; 3-го разряда - по образцовым мерам 2-го разряда.

Цеховые меры и приборы используют для проверки изделий. Эти меры и приборы проверяют в измерительных лабораториях по образцовым мерам и приборам.

Единство и достоверность измерений в стране обеспечиваются благодаря единой метрологической службе, состоящей из государственной и ведомственных метрологических служб министерств и ведомств, руководит которыми Федеральное агентство по техническому регулированию метрологии

Правовой основой метрологической деятельности является закон «Об обеспечении единства измерений».

Главный центр сохранения единства и воспроизведения мер в нашей стране - Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологической службы. Через широкую сеть государственных поверительных лабораторий осуществляется контроль за надлежащим состоянием, своевременность поверок и юстировок измерительной техники на всей территории России.

Проверка средств измерений – важнейшая форма государственного надзора за измерительной техникой. Проверкой называют экспериментальное определение погрешности средств измерения и установление их пригодности к применению.

Проверку проводят органы метрологической службы при помощи эталонов и образцовых средств измерений. При положительных результатах на средство измерения ставят поверительное клеймо и в необходимых случаях выдают свидетельство о поверке.

Средства измерений, не подлежащих поверке, могут подвергаться калибровке при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту, при эксплуатации, прокате и продаже.

Калибровка средств измерений – совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средств измерений.

Калибровка средств измерений производится метрологическими службами юридических лиц с использованием эталонов, соподчиненных государственным эталонам единиц величин.

На предприятиях в хозяйствах, организациях, где не создана метрологическая служба, обязанности по метрологическому контролю возлагаются на другие подразделения или на

отдельных технически подготовленных лиц. Они составляют ежегодные календарные графики поверки в виде перечней средств измерений с указанием ее периодичности и сроков проведения, согласованные с территориальной метрологической службой, проводящей поверку, и осуществляют контроль за их выполнением.

По конструкции и характеру использования все средства измерений и контроля могут быть разбиты на три группы: меры, измерительные приборы, измерительные установки и системы.

Меры – это тела или устройства для вещественного воспроизведения физической величины заданного размера, значение которого известно, с необходимой для измерений точностью. Мерами единиц длины, широко применяемыми в производстве, являются плоскопараллельные концевые меры длины.

Для воспроизведения угловых единиц используют угловые меры.

К мерам относятся также калибры – средства контроля в машиностроении, предназначенные для проверки (а не для измерений) размеров, формы, взаимного расположения осей и поверхностей и оценки их с точки зрения соответствия техническим условиям. Наиболее широко распространенные конструкции калибров (пробок, скоб) обеспечивают необходимую точность контроля и высокую производительность. Поэтому калибры являются одним из основных технических средств контроля в машиностроении.

Измерительные приборы и инструменты – это устройства, посредством которых измеряемые величины прямо или косвенно сравнивают с единицей измерения. Деление средств измерения на приборы и инструменты условно. Простейшие средства измерения обычно относят к группе измерительных инструментов, а более сложные – к группе измерительных приборов.

По характеру применения средства измерения делятся на универсальные и специального назначения.

Универсальные средства измерения линейных и угловых величин чрезвычайно разнообразны по конструкции и принципу действия и могут быть подразделены на следующие группы:

- **простейшие средства измерения** (линейки, рулетки, кронциркули и т. п.);
- **штиховые раздвижные инструменты с линейным нониусом** (штангенинструменты, универсальные угломеры);
- **микрометрические инструменты** (микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры);
- **рычажно-механические приборы:** рычажные (миниметры); зубчатые (индикаторы); рычажно-зубчатые (скобы, рычажные микрометры); пружинные (микрокаторы);
- **рычажно-оптические и оптические приборы** (оптиметры, инструментальные микроскопы, проекторы, измерительные микроскопы);
- **пневматические** (низкого давления, высокого давления с ротаметром) **приборы, установки и системы;**
- **электрифицированные** (электроконтактные и индуктивные датчики) **приборы, установки и системы;**
- **электронные показывающие приборы.**

Средства измерения специального назначения подразделяются на следующие группы:

- **средства контроля плоскостности, прямолинейности и горизонтальности** (поверочные линейки, плиты, уровни);
- **средства измерения шероховатости поверхности** (профилометры, профилографы, двойной микроскоп, интерферометры);
- **средства измерения резьбы** (резьбовые микрометры, шагомеры и др.);
- **средства измерения элементов зубчатых цилиндрических и конических колес, а также деталей червячных передач** (штангензубомер, тангенциальный зубомер, нормалемер, биениемер, межцентромер и др.).

При помощи универсальных средств можно измерять линейные и угловые размеры в

широких пределах с различной точностью. Один и тот же инструмент или прибор можно использовать для измерений самых разнообразных размеров. Благодаря этой особенности универсальные средства измерения широко применяют в ремонтном производстве, где они пока еще являются основным средством технического контроля.

Измерительная установка – это совокупность функционально объединенных средств измерений и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте и предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительная система отличается от измерительной установки тем, что она предназначена для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной не только для восприятия наблюдателем, но и для автоматической обработки результатов измерений, передачи на расстояние или использования в автоматических системах управления.

Основные метрологические показатели средств измерения

Наиболее важное значение при выборе средств измерения имеют следующие метрологические показатели.

Диапазон показаний измерительного прибора со шкальным отсчетным устройством – это область значений по шкале, ограниченная начальным и конечным значениями (рис. 1). В любом случае при контроле деталей он не должен быть меньше допуска на обработку.

Диапазон измерений – это область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средств измерений. Он ограничивается верхними и нижними пределами измерений.

Длина (интервал) деления шкалы – расстояние между осями или центрами двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль линии, проходящей через середины ее самых коротких отметок.

Цена деления шкалы – разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Точность отсчета – точность, которая может быть достигнута при измерении с использованием отсчетных устройств, если они имеются.

Порог чувствительности – наименьшее перемещение измерительной поверхности, способное вызвать малейшее изменение в показании прибора. Чувствительность прибора должна соответствовать его точности.

Передаточное отношение – отношение интервала деления шкалы к цене деления.

Погрешность показания прибора – разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины, которое может быть установлено путем измерения образцовым прибором.

Погрешность измерения – суммарная погрешность, в которую входит погрешность установки при измерении, погрешность настройки, температурная погрешность и многие другие.

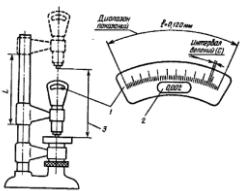


Рис. 1. Метрологические показатели прибора:

1 – шкала; 2 – цена деления (i); 3 – пределы измерения прибора в целом ($L+l$)

Погрешности измерения, как и погрешности изготовления, делятся на систематические, случайные и грубые (промахи). Источником систематических погрешностей являются погрешности градуировки шкалы, погрешность размера образцовой детали, по которой настраивают прибор. Случайные погрешности возникают в результате отклонений формы самой проверяемой детали, погрешности отсчета по шкале, температурных погрешностей,

колебания измерительного усилия. Грубые погрешности (промахи) могут вызываться резкими изменениями внешних условий (температуры, освещения, внешними толчками и др.), личными ошибками контролера из-за небрежности, усталости и т. п. При обработке результатов ряда наблюдений грубые погрешности исключаются. Анализ погрешностей и их учет проводят, используя теорию вероятностей и математическую статистику.

Класс точности — это обобщенная характеристика

средств измерений, определяемая пределами допускаемых погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на их точность, значения которых устанавливаются стандартами на отдельные виды средств измерений. Классы точности присваивают средствам измерений в соответствии с правилами по ГОСТ 8.401—80.

Методы измерения

Методом измерения называется совокупность приемов использования принципов и средств измерения, используемых при измерениях какой-либо величины. В зависимости от приемов нахождения размера определяемой величины, условий измерения, конструкции прибора, способа нахождения размера искомой величины методы измерения делятся на абсолютный и относительный, прямой и косвенный, контактный и бесконтактный, дифференцированный и комплексный.

Абсолютным называется метод измерения, при котором по шкале сразу считывают абсолютное значение определяемого размера, например измерение штангенциркулем.

Относительный метод измерений используют в том случае, если необходимо определить, насколько значения измеряемой величины отклоняются от установленной меры или образца, например, находят размер детали индикатором со стойкой после его настройки по концевым мерам длины.

Прямым методом измерения называется такой, при котором значение измеряемой величины устанавливают непосредственно по показанию прибора, например измерение диаметра детали.

Косвенным методом пользуются, когда невозможно или очень сложно измерить непосредственное значение искомой величины и ее находят по результатам измерений других величин. Например, длину окружности проще определить, измерив диаметр и через него вычислив длину окружности.

Контактным называется метод измерения, при котором измерительные поверхности прибора или инструмента непосредственно соприкасаются с поверхностью измеряемой детали.

Бесконтактный метод основан на измерениях оптическими и пневматическими приборами (инструмент не соприкасается с поверхностью измеряемой детали).

Дифференцированный (поэлементный) метод измерения или контроля заключается в независимой проверке каждого элемента детали в отдельности, например определение наружного и внутреннего диаметров, а также ширины шлицов вала в шлицевых соединениях. Заключение о годности детали делают по результатам всех измерений.

Комплексный метод измерения или контроля осуществляют, используя специальные приборы или калибры, которые позволяют сразу дать заключение о годности детали по всем или нескольким параметрам, например при контроле шлицевыми пробками и кольцами.

При ремонте машин часто необходимо использовать специфические методы измерений для дефектации деталей и определения характера их износа.

Цель дефектации деталей — установить износ и определить пригодность детали к дальнейшей эксплуатации (необходимо ли ее восстанавливать, полностью ли выбраковывать и отправить в утиль). Чтобы при дефектации не проводить излишне много измерений, первоначально определяют характер износа деталей в различных плоскостях и сечениях и выявляют места наибольшего износа. Затем при проведении дефектации ограничиваются измерениями только в местах наибольшего износа.

Учет погрешностей при измерении размеров

При измерениях универсальными средствами погрешности распределяются по закону, близкому к закону нормального распределения. Поэтому для оценки точности измерения используют метрологическую характеристику - предельную погрешность средства измерения $\Delta_{lim} = \pm 3\sigma$. То есть, с вероятностью, равной 99,73%, можно утверждать, что погрешность данного инструмента в пределах всей шкалы должна быть менее Δ_{lim} .

Естественно, что погрешности, выходящие за пределы $\pm 3\sigma$, должны быть отнесены к грубым ошибкам и исключены из результатов измерений.

Поэтому при однократном измерении универсальным средством результат измерения записывают следующим образом:

$$D = D_e \pm \Delta_{lim}, \quad (1)$$

где D_e – действительный размер, установленный измерением.

Чем меньше погрешность, тем определенное результат и меньше интервал, в пределах которого может находиться искомый размер.

Чтобы повысить точность измерений, если невозможно применить средство измерения с меньшей погрешностью, проводят многократные измерения одного и того же объекта. Как показывает теория вероятностей, погрешность при этом уменьшается в \sqrt{N} раз, где N – число измерений.

Результат такой серии измерений записывают следующим образом:

$$D = D_e \pm \frac{\Delta_{lim}}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

Если при определении одного размера косвенным методом необходимо использовать несколько инструментов или несколько измерений, то для получения искомого размера с целью оценки точности полученного результата следует суммировать погрешности. Систематические погрешности суммируют алгебраически со своими знаками, если они постоянны. Если они переменны, то суммируют максимальные значения с их знаком. Случайные погрешности суммируют геометрически по закону сложения случайных независимых событий.

Суммарная погрешность при наличии систематических и случайных погрешностей:

$$\text{где } \Delta_{lim\sum} = \sum \Delta_{icust} \pm \sqrt{\Delta_{lim1}^2 + \Delta_{lim2}^2 + \dots + \Delta_{limn}^2}, \quad \sum \Delta_{icust} - \text{алгебраическая сумма систематических погрешностей;} \quad (3)$$

$\Delta_{lim1}, \Delta_{lim2}, \dots, \Delta_{limn}$ – предельные случайные погрешности.

Знак у квадратичной суммы должен быть одинаковым со знаком суммы систематических погрешностей, что позволит определить наибольшее значение суммарной предельной погрешности.

ПР-2 Основы измерений физических величин.

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

1.2 Тема: «Исследование свойств бинарных отношений»

Цель работы: 1. Изучить назначение, устройство ПКМД, предельных калибров для контроля деталей гладких цилиндрических соединений и правила пользования ими.

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

1.3

1.4 Задачи работы: изучить и приобрести опыт владения измерительным инструментом Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

Описание (ход) работы: 1

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 проволки, 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, навертываемой 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.

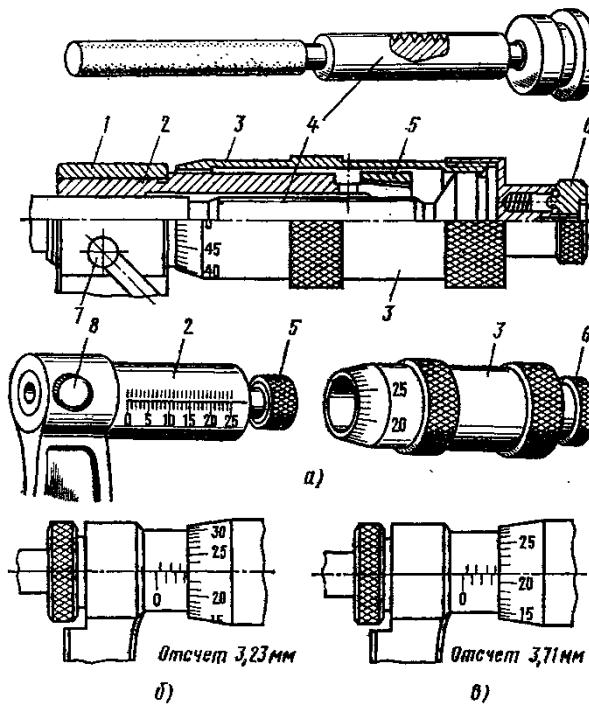


Рис. 3.1. Микрометрическая головка (а) и примеры отсчета по ее шкалам (б и в):

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

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

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

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).

Настойка микрометра

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

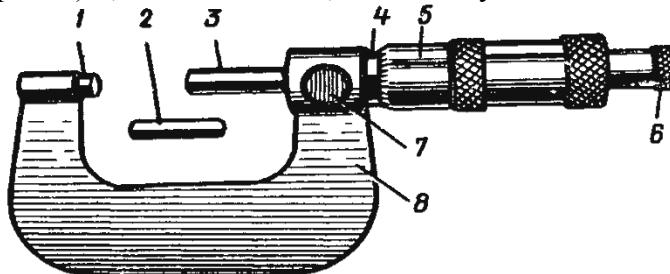


Рис. 3.2. Гладкий микрометр МК:

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.

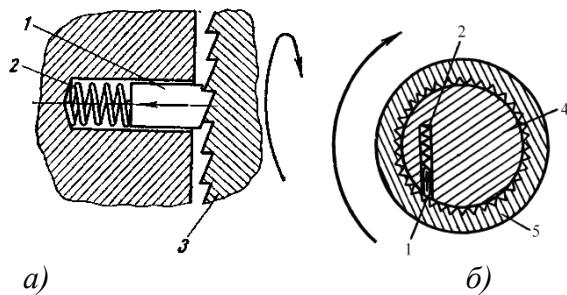


Рис. 3.3. Конструкции трещоток микрометров с торцевыми зубьями (а) и с зубьями на кольце (б):

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

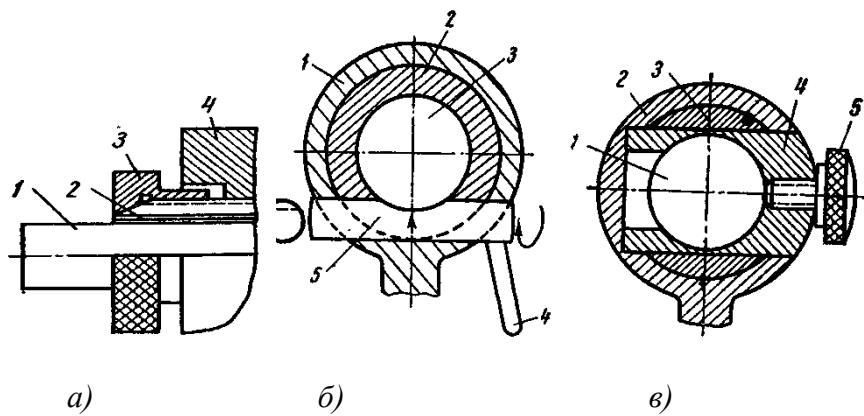


Рис. 3.4. Виды стопоров микрометров:

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

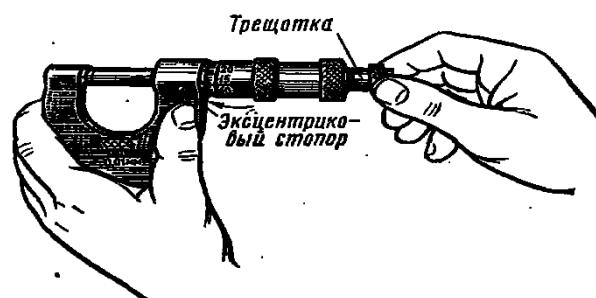
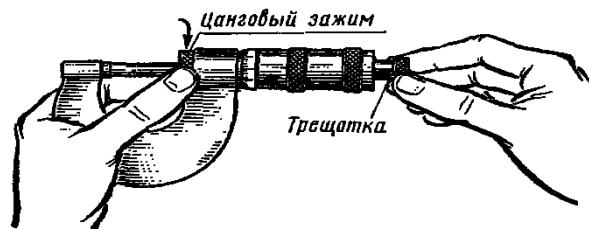
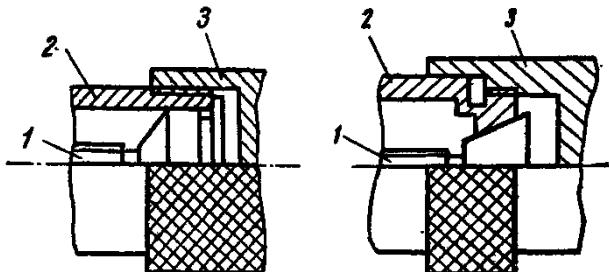


Рис. 3.5. Закрепление микровинта стопором



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

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

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).

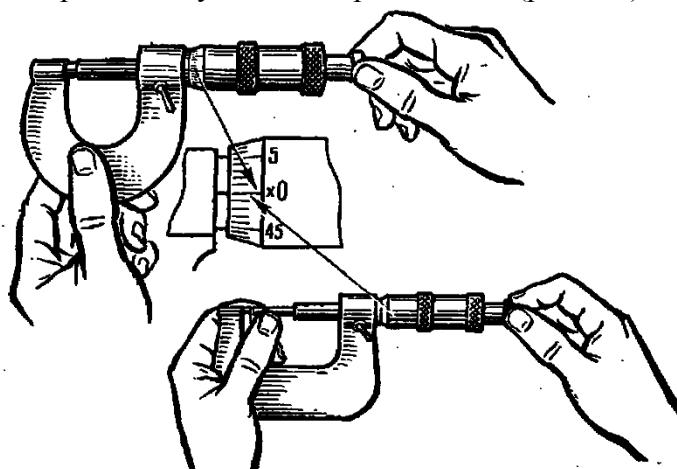


Рис. 3.7. Проверка нулевого положения микрометра

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 повторную 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

Рис. 3.6. Соединение барабана с микровинтом

Закрепление микровинта стопором

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.

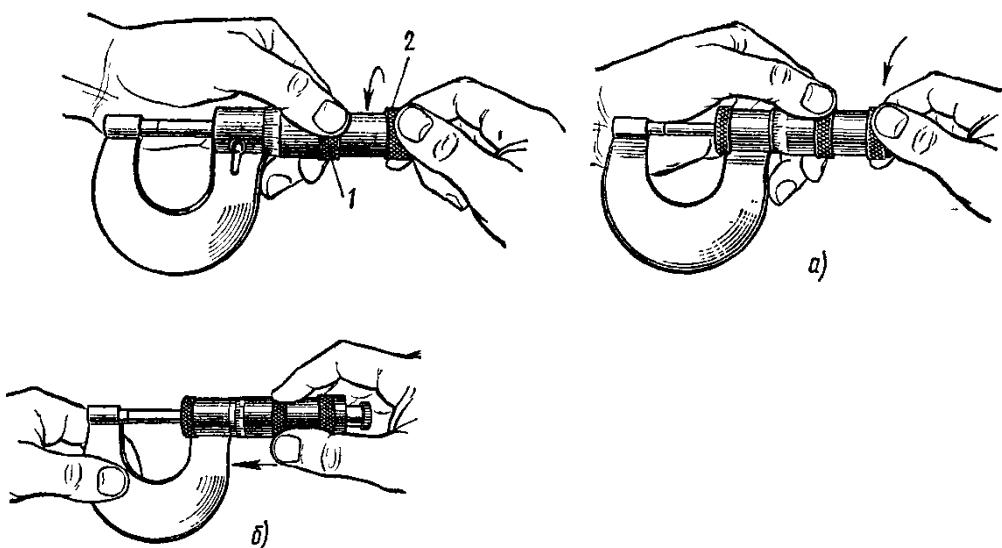


Рис. 3.8. Отсоединение барабана от микровинта микрометра заводов «Калибр» и «Красный инструментальщик»:

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

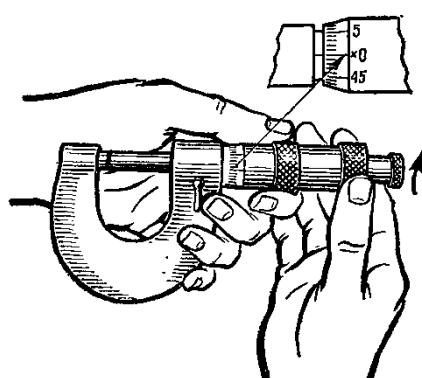


Рис. 3.9. Установка барабана и закрепление его

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.

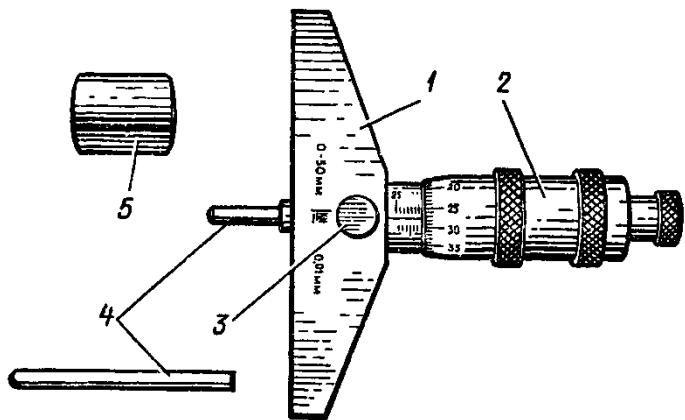
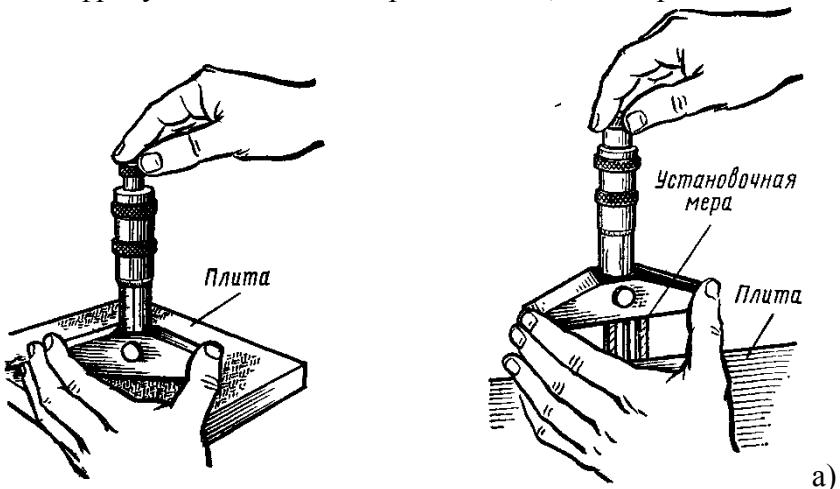


Рис. 3.10. Микрометрический глубиномер (ГОСТ 7470 – 92):

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.



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.

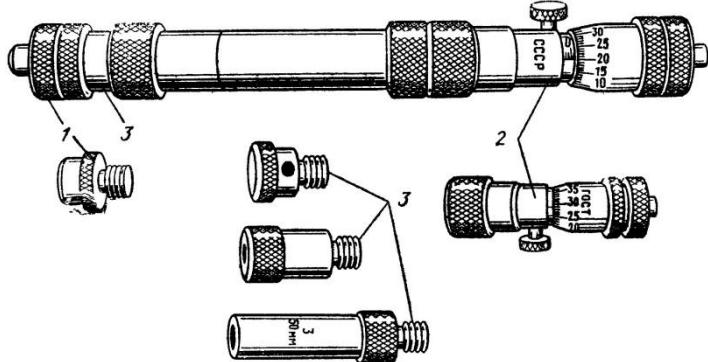


Рис. 3.12. Микрометрический нутромер:

1 – измерительный наконечник; 2 – микрометрическая головка;
3 – удлинители

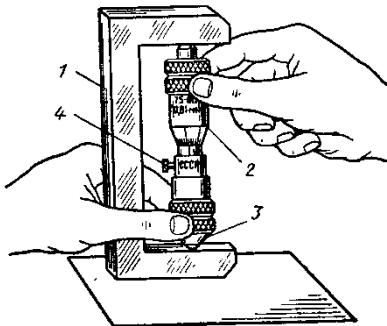


Рис. 3.13. Настройка микрометрического нутромера по установочной мере:

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.

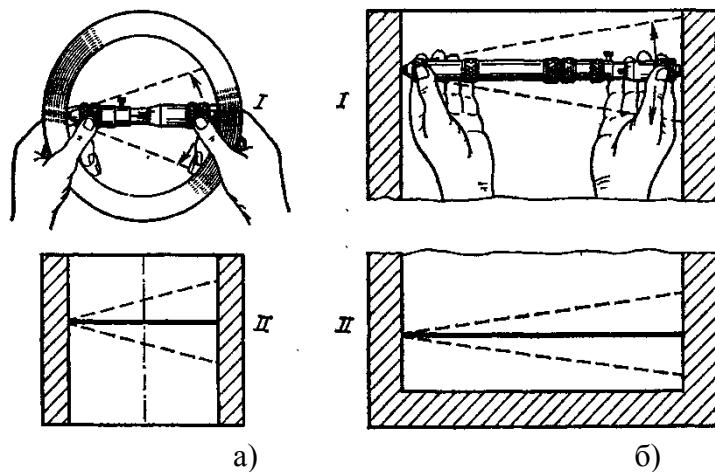


Рис. 3.14. Примеры измерения внутренних размеров микрометрическим нутромером

Таблица 3.1

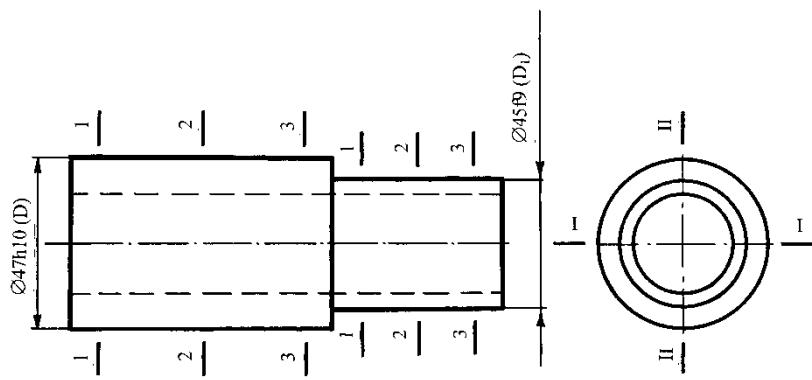
Предельные погрешности метода измерения $\pm \Delta_{lim}$ микрометрическими инструментами, мкм

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 д о 150	св. 150 до 200
				10	15
					20

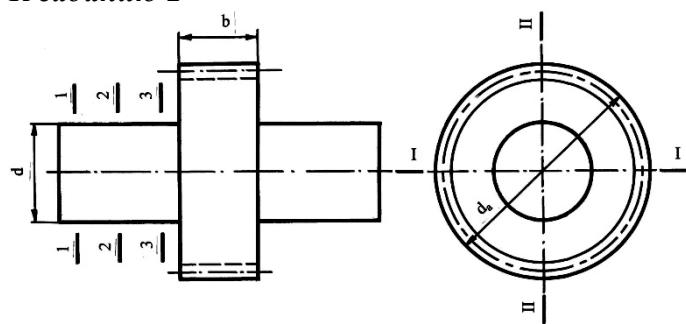
4.2. Измерить размеры деталей микрометром и микрометрическим нутромером

Эскизы деталей и схемы измерений.

К заданию 1



К заданию 2



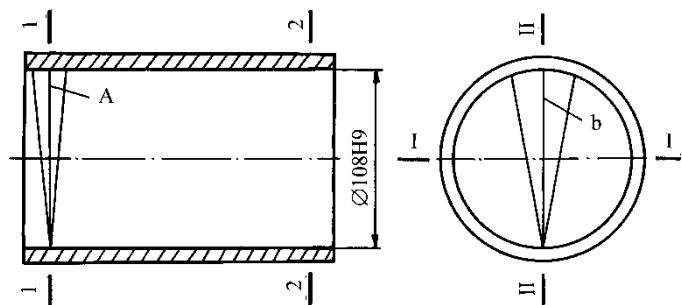
Для восстановления шестерен насосов шлифуют изношенные поверхности цапф, торцы и поверхности головок зубьев шестерен до ремонтных размеров – Р1, Р2, Р3.

Таблица 3.2.

Размеры шестерен гидравлического насоса после шлифования

Марка насоса	Маркировка	Наружный диаметр головки зуба, мм	Диаметр цапфы, мм	Длина зуба шестерни, мм
НШ – 10	Новый	39 ^{-0,015} _{-0,075}	18 ^{-0,080} _{-0,095}	16 _{-0,035}
	Р1	38,8 _{-0,02}	17,9 ^{-0,080} _{-0,095}	15,8 _{-0,035}
	Р2	38,7 _{-0,02}	17,8 ^{-0,080} _{-0,095}	15,7 _{-0,035}
	Р3	38,6 _{-0,02}	17,7 ^{-0,080} _{-0,095}	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 измерений 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									
Обоз- начение разме- ров	Направ- ление измерения	Сечения			Действите- льные размеры		Предельные размеры		Заключ. о год- ности
		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 ов	Направл. измерения	Сечения			Обознач. размер ов	Действ. значения размеров	Рекоменд. размеры после шлифования	
		1 – 1	2 – 2	3 – 3			1.	2.
d (1-я цапфа)	I – I				d_a		1.	$d =$ $d_a =$ $b =$
	II – II						2.	
d (2-я цапфа)	I – I				b		3.	
	II – II						1.	
							2.	
							3.	

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

Задание 3: Измерить микрометрическим нутрометром с пределами измерения ценой

деления размеров 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					

Практическое занятие № ПЗ-1(2 часа).

1.1 Тема: «Погрешность измерений»

Цель работы:

1. Изучить и дать определение каждому из видов погрешностей измерения.
2. Построить классификацию погрешностей измерения.
3. Изучить методику определения случайных погрешностей.
4. В соответствии с вариантом (табл. 2) определить абсолютную и относительную погрешность измерения.

1.2 Задачи работы: Познакомиться с общими понятиями о погрешностях измерений

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

1.4 Описание (ход) работы:

Общие положения

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 характеризуются 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).

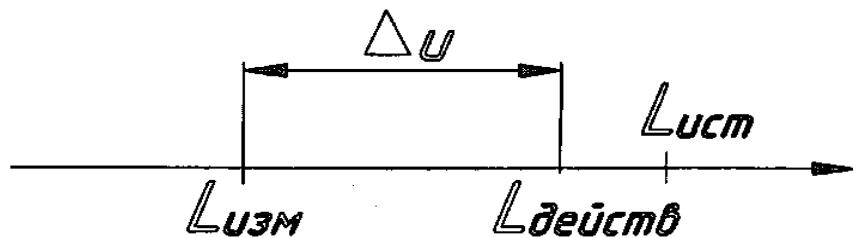


Рисунок 1-Определение погрешности измерений

Приведем некоторые из причин, приводящих к появлению погрешностей.

1. Ограниченнная 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 $x_{\text{исх}}$ измеряемой величины указать нельзя. Однако можно установить некоторый интервал значений измеряемой величины вблизи полученного в результате измерений значения $x_{\text{изм}}$, в котором с определенной вероятностью содержится $x_{\text{ист}}$. Тогда результат измерений можно представить в следующем виде:

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

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 $x_{\text{исх}}$. Задача наилучшей оценки значения $x_{\text{исх}}$ 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

п 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 $x_{\text{ист}}$ попадает в этот интервал. С другой стороны, более широкий интервал дает меньшую информацию относительно величины $x_{\text{ист}}$. 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 (таблица1).

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 $x_{\text{ист}}$ не отличается от оценки (6) больше, чем на $+\Delta x_{\text{сл}}$. 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 $\Delta x_{\text{систем}}$. 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:

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

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):

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

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

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

Пример.

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. Задавшись доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$, находим по таблице 1 коэффициент Стьюдента для пяти измерений $t_{\alpha} = 2,8$. 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	ΔL_{np}	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	

Практическое занятие № ПЗ-4(2 часа).

Тема: «Изучение закона «О техническом регулировании»»

Цель работы:

- 1.Изучить основные положения закона «О техническом регулировании»
- 2.Ответить на вопросы преподавателя по данной тематики.

Задачи работы:ознакомиться нормативными документами по метрологии

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

1.2 Описание (ход) работы:

Задание:

Общие положения

1 июля 2003 г. вступил в силу Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Указанный закон стал основой кардинальной реформы всей системы технического регулирования в стране и является основным источником технического Права в России.

Области применения ФЗ «О техническом регулировании»:

- разработка, принятие, применение и исполнение обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;
- разработка, принятие, применение и исполнение на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг;
- оценка соответствия;
- права и обязанности участников отношений в указанных областях.

Федеральный закон «О техническом регулировании» основан на положениях Соглашения по техническим барьерам в торговле ВТО. Закон разработан с учетом зарубежного опыта и специфических особенностей Российской Федерации. В Федеральном законе реализованы следующие основополагающие концепции.

1. Применение двухуровневой системы нормативных документов: технических регламентов, которые содержат обязательные требования, и стандартов, исполняемых на добровольной основе.

2. Установление обязательных требований исключительно федеральными законами (в особо оговоренных случаях — постановлениями Правительства РФ либо указами Президента Российской Федерации). Федеральные органы исполнительной власти могут издавать документы, содержащие только рекомендательные требования. Вводится новый нормативный документ — технический регламент, содержащий обязательные требования к продукции, способам производства, эксплуатации, хранению, транспортированию, маркированию, утилизации.

3. В объекты обязательного регулирования не входят услуги и работы.

4. Стандарты должны быть добровольными для применения. Но при этом национальные или международные стандарты могут стать основой для разработки технических регламентов. Кроме того, соблюдение стандартов, перечень которых подлежит опубликованию, может служить доказательной базой выполнения требований технических регламентов.

5. Применение двух форм обязательного подтверждения соответствия — сертификации и декларации о соответствии, подаваемой заявителем.

6. Невозможность совмещения функций органов по сертификации и функций государственного контроля и надзора, а также функций аккредитации и сертификации.

7. Осуществление функций государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов исключительно на стадии обращения.

8. Создание механизма постоянного информирования о ходе разработки и практике применения технических регламентов (учет и анализ случаев причинения вреда вследствие нарушения требований технических регламентов).

9. Введение переходного периода.

Федеральный закон состоит из десяти глав, включающих 48 статей.

Полное введение Федерального закона в действие требует длительного переходного периода, протяженность которого установлена в ст. 46 и составляет 7 лет. Переходный период, необходимый в первую очередь для разработки и принятия технических регламентов, касается в основном подтверждения соответствия и аккредитации. Предстоит также привести в соответствие с Федеральным законом более 120 законодательных актов и более 700 постановлений Правительства Российской Федерации.

1.1 Практическое занятие № ПЗ-5, 6 (2 часа).

1.2 Тема: «Определение основных элементов соединения»

Цель работы:

1. Изучить общие положения о допусках, посадках и предельных отклонениях размеров.

2. Ознакомиться с примерами решения задач по определению основных элементов соединения.

3. Самостоятельно решить задачи в соответствии с заданной посадкой соединения

1.1 Задачи работы: приобрести опыт «чтения» сопряжений деталей

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

1.3 Описание (ход) работы:

Общие положения

Основные обозначения и расчетные зависимости, применяемые при решении задач этой темы, поясняются на схемах рисунка 1 и 2,

где D - номинальный размер отверстия;

d - номинальный размер вала;

ES - верхнее отклонение отверстия;

EI- нижнее отклонение отверстия;

es- верхнее отклонение вала;

e_i - нижнее отклонение вала;

D_{min} - наименьший предельный размер отверстия;

D_{max} - наибольший предельный размер отверстия;

d_{min} - наименьший предельный размер вала;

d_{max} - наибольший предельный размер вала;

T_d - допуск вала;

T_D - допуск отверстия;

S_{min} - наименьший предельный зазор;

S_{max} - наибольший предельный зазор;

N_{min} - наименьший предельный натяг;

N_{max} - наибольший предельный натяг;

T_p - допуск посадки.

На схемах принято указывать номинальные и предельные размеры в мм, а предельные отклонения, допуски, зазоры или натяги в мкм ($1\text{мкм} = 0,001\text{ мкм}$)

а)

б)

Рисунок 1- Посадка с зазором : а) схема сопряжения б) схема расположения полей допусков

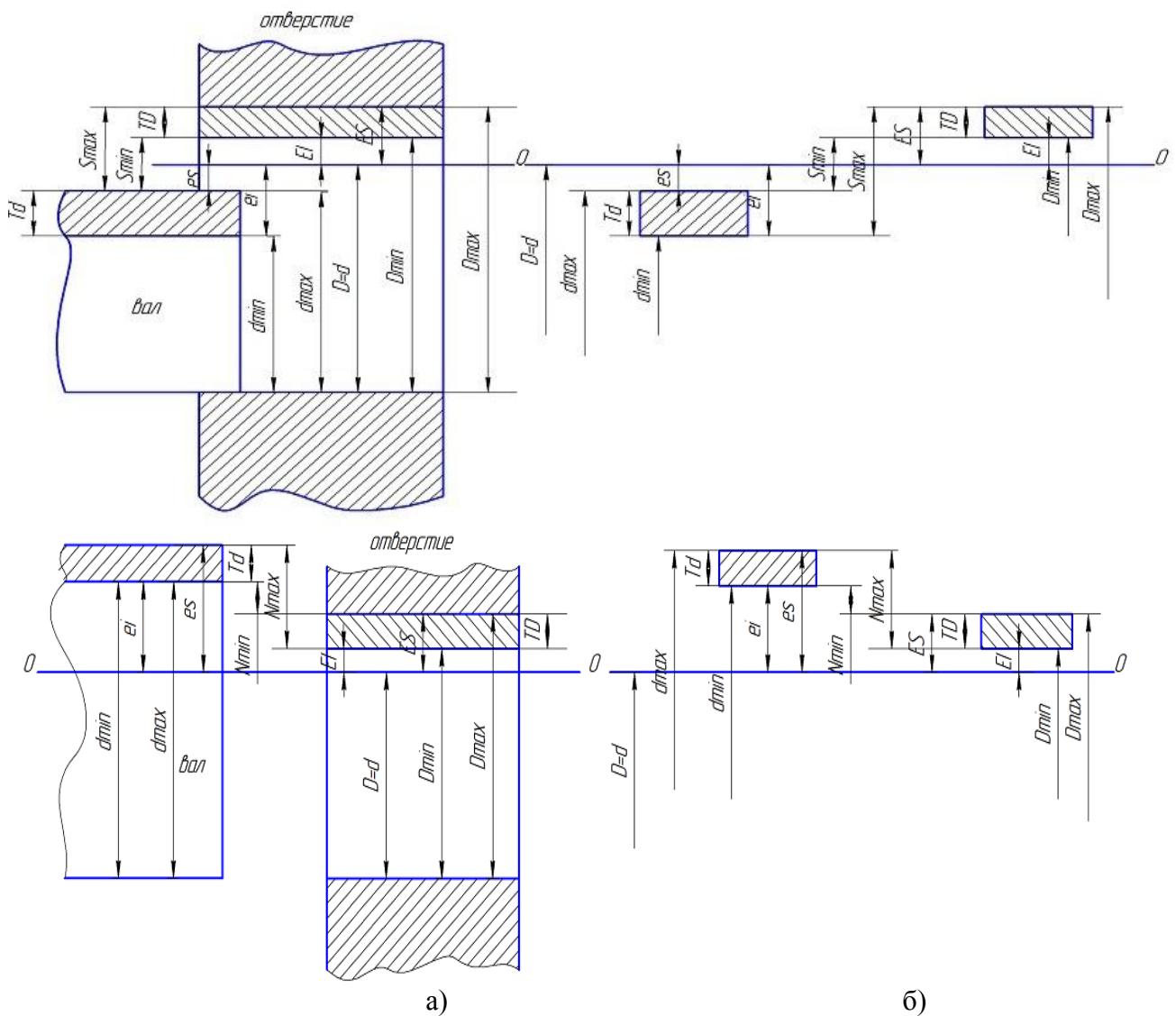


Рисунок 2- Посадка с натягом : а) схема деталей, образующих посадку (до сборки) ; б) схема расположения полей допусков

Основные расчетные зависимости:

$$D_{max} = D + ES$$

$$D_{\min} = D + EI$$

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$TD = ES - EI$$

$$Td = es - ei$$

$$d_{\max} = d + es$$

$$d_{\min} = d + ei$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI$$

$$T_n = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d \text{ (для посадки с зазором)}$$

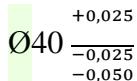
$$T_n = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d \text{ (для посадки с натягом)}$$

$$T_n = N_{\max} + S_{\min} = T_D + T_d \text{ (для переходной посадки)}$$

Решение задач

Рассмотрим решение задач на примере.

Пример. В двух сопряжениях типа вал-отверстие известны: номинальные размеры сопряжений, предельные отклонения отверстия и вала.

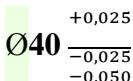
Первое сопряжение:  Ø40 ${}^{+0,025}_{-0,050}$

Второе сопряжение: $d = 100 \text{ мм}$; $T_D = 0,035 \text{ мм}$; $EI = 0 \text{ мм}$; $es = 0,125 \text{ мм}$; $ei = 0,08 \text{ мм}$.

Для каждого из заданных сопряжений определить:

- 1) предельные размеры отверстия и вала;
- 2) допуск отверстия и вала, допуск посадки
- 3) наибольший и наименьший зазоры или натяги
- 4) начертить схему расположения полей допусков деталей соединений с указанием отклонением.

Решение

Первое сопряжение:  Ø40 ${}^{+0,025}_{-0,050}$

1. Предельные отклонения сопряжений указаны около номинального размера в словом виде. Имеем: $ES = +0,025 \text{ мм}$; $EI = 0 \text{ мм}$; $es = -0,025 \text{ мм}$; $ei = -0,050 \text{ мм}$. Предельные размеры отверстия находим по формулам (1) и (2), а вала - по (6) и (7):

$$D_{\max} = D + ES = 40 + 0,025 = 40,025 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 40 + 0 = 40,000 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d + es = 40 + (-0,025) = 39,975 \text{ мм}$$

$$d_{\max} = d + ei = 40 + (-0,050) = 39,950 \text{ мм}$$

2. Допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки вычисляем, соответственно, по формулам (3), (8), (13):

$$T_D = ES - EI = 0,025 - 0 = 0,025 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = -0,025 - (-0,050) = 0,025 \text{ мм};$$

$$T_n = T_D + T_d = 0,025 + 0,025 = 0,050 \text{ мм}.$$

3. Наименьший и наибольший зазоры определяем по формулам:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = 0 - (-0,025) = 0,025 \text{ мм}$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = 0,025 - (-0,050) = 0,075 \text{ мм}.$$

Второе сопряжение:

1. Предельные размеры отверстия м вала находим по формулам (1), (2), (6), (7), найдя предварительно ES из уравнения (3):

$$ES = T_D + EI = 0,035 + 0 = 0,035 \text{ мм}$$

$$D_{\max} = D + ES = 100 + 0,035 = 100,035 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D + EI = 100 + 0 = 100 \text{ мм}$$

$$d_{\max} = d + es = 100 + 0,125 = 100,125 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 100 + 0,08 = 100,08 \text{ мм}$$

2. Допуск вала и допуск посадки можно найти по формулам

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei = 0,125 - 0,08 = 0,045 \text{ мм}$$

$$T_n = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0,035 + 0,045 = 0,08 \text{ мм}$$

3. Наибольший и наименьший натяги определяем по формулам (11), (12):

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES = 100,08 - 100,035 = 0,045 \text{ мм}$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI = 100,125 - 100 = 0,125 \text{ мм}$$

Схема расположения полей допусков деталей первого и второго соединений приведены на рисунок 3, 4.

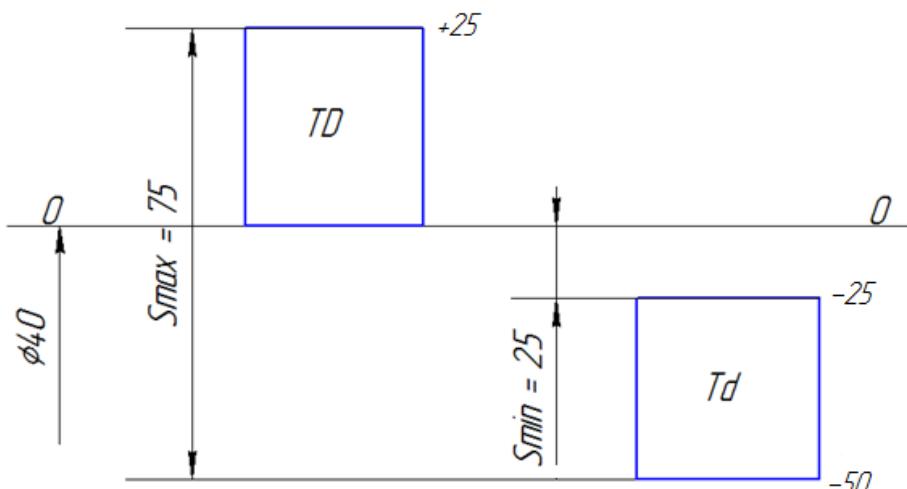


Рисунок 3 - Схема расположения полей допусков деталей первого сопряжения.

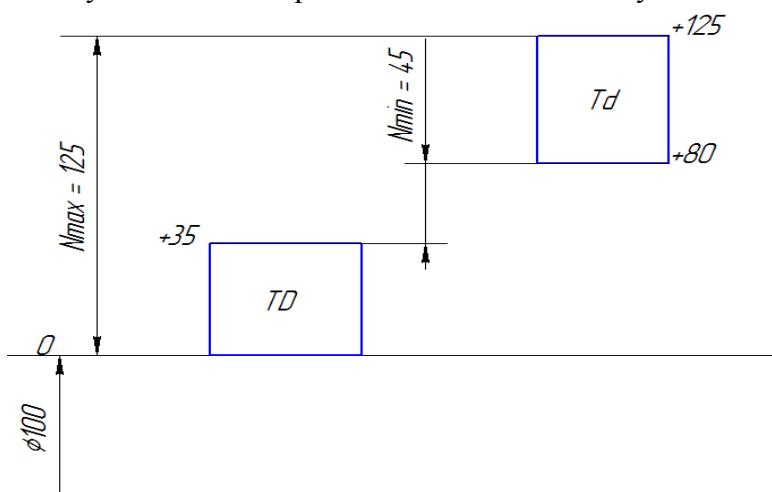


Рисунок 4 - Схема расположения полей допусков деталей второго соединения.

Задание

Задача 1. В двух сопряжениях типа вал-отверстие известны номинальные размеры сопряжений, предельные отклонения отверстия и вала, которые заданы в табл. 1.

Для каждого из заданных сопряжений дать схему расположения полей допусков деталей сопряжения. На схемах указать предельные отклонения.

Для заданных сопряжений определить:

- предельные размеры отверстия и вала;

- допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки;
- наибольший и наименьший зазоры или натяги.

Таблица 1.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный размер сопряжения, мм	5	8	16	24	32	63
ES, мкм	+13	+16	+19	+24	+27	+30
EI, мкм	0	0	0	0	0	0
es, мкм	-4	-5	-6	-8	-10	-12
ei, мкм	-12	-15	-18	-22	-27	-32
Отверстие	50 _{-0,017}	56 _{-0,02}	32 _{-0,017}	19 _{-0,014}	11 _{-0,012}	6 _{-0,006}
Вал	50 _{+0,035}	56 _{+0,07}	32 _{+0,060}	19 _{+0,050}	11 _{+0,040}	50 _{+0,017}

Задача 2.

В двух посадках известны номинальные размеры сопряжений, допуск вала, нижнее предельное отклонение вала, натяг наибольший и натяг наименьший (табл. 2).

Дать схемы расположения полей допусков деталей сопряжения в заданных посадках. На схемах указать предельные отклонения.

Для каждой из заданных посадок необходимо определить:

- предельные отклонения отверстия и вала;
- допуск отверстия и допуск вала;
- предельные размеры отверстия и вала.

Таблица 2.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный размер сопряжения, мм	42	67	8	26	20	28
T _d , мкм	39	46	22	39	33	33
ei, мкм	+70	+102	+28	+60	+41	+48
N _{max} , мкм	109	148	50	99	74	81
N _{min} , мкм	31	56	6	21	8	15

Номинальный размер сопряжения, мм	190	340	85	240	400	170
$T_d, \text{мкм}$	72	89	54	72	89	63
$e_i, \text{мкм}$	+236	+390	+124	+284	+435	+210
$N_{\max}, \text{мкм}$	308	479	178	356	524	273
$N_{\min}, \text{мкм}$	163	301	70	211	346	247

Задача 3.

В двух сопряжениях типа вал-отверстие известны, соответственно, номинальный размер сопряжения, допуски отверстия и вала, верхнее отклонение вала (отверстия), минимальный зазор (натяг) в соединении (табл. 3)

Построить схемы расположения полей допусков деталей сопряжений. На схемах указать предельные отклонения.

Определить для каждого из заданных сопряжений:

- предельные отклонения вала и отверстия;
- наибольший зазор (натяг) и допуск посадки;
- предельные размеры отверстия и вала.

Таблица 3.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный размер сопряжения, мм	90	450	34	280	12	130
$T_d, \text{мкм}$	35	63	25	52	18	40
$e_s, \text{мкм}$	-36	-68	-25	-56	-16	-43
$T_D, \text{мкм}$	54	97	39	81	27	63
$N_{\min}, \text{мкм}$	36	68	25	56	16	43
Номинальный размер сопряжения, мм	80	250	50	120	180	30
$T_d, \text{мкм}$	30	46	25	35	40	21
$e_s, \text{мкм}$	19	29	16	22	25	13
$T_D, \text{мкм}$	+30	+46	+25	+35	+40	+21
$N_{\min}, \text{мкм}$	29	94	18	44	68	14

Задача 4.

В двух посадках известны, соответственно, номинальный размер сопряжения, допуски отверстия и вала, верхнее отклонение вала (отверстия), минимальный зазор (натяг) в соединении.

Построить схемы расположения полей допусков деталей сопряжений для заданных посадок с указанием предельных отклонений.

Для каждой из заданных посадок определить:

- предельные отклонения вала и отверстия;
- наибольший зазор (натяг) и допуск посадки;
- предельные размеры отверстия и вала.

Таблица 4

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный размер сопряжения, мм	11	36	260	210	85	125
T_D , мкм	11	16	32	29	22	25
T_d , мкм	8	11	23	20	15	18
ES , мкм	+11	+16	+32	+29	+22	+25
N_{min} , мкм	7	10	24	21	15	18
Номинальный размер сопряжения, мм	100	380	200	170	500	53
T_d , мкм	54	89	72	63	97	46
es , мкм	-72	-125	-100	-85	-135	-60
T_D , мкм	87	140	115	100	155	74
S_{min} , мкм	72	125	100	85	135	60

1.1 Практическое занятие № ПЗ-7, 8(4 часа).

1.2 Тема: «Единая система допусков и посадок.»

1.3 Цель работы:

1. Изучить общие положения, ряды допусков и предельные отклонения (ГОСТ 25346-89)
2. Изучить ряды допусков (квалитеты) и рекомендуемые посадки (ГОСТ 25347-82)
3. Ознакомиться с методикой решения задач по определению величин предельных отклонений отверстий и валов заданных посадок.
4. Самостоятельно решить задачи в соответствии с заданным номером варианта.

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

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

5.3 Описание (ход) работы:

Общие положения

Под системой допусков и посадок понимают совокупность допусков и посадок, оформленных в виде стандартов.

Основополагающими для гладких цилиндрических соединений являются ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-88, ИСО 286/1 - 88) “Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений”. Согласно указанным стандартам рекомендуются посадки в системе отверстия и в системе вала.

Посадкой в системе отверстия называют посадку, в которой требуемые зазоры или натяги получаются соединением различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия.

Посадкой в системе вала называют посадку, в которой требуемые зазоры или натяги получаются соединением различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала.

Под **основным отверстием** понимается отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Под **основным валом** понимают вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Положение поля допуска относительно нулевой линии определяется основным отклонением. Основное отклонение — одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее) ближайшее к нулевой линии. Установлено 27 основных отклонений для отверстий и 27 основных отклонений для валов. Основные отклонения обозначаются буквами латинского алфавита, прописными для отверстий и строчными для валов (рис. 1, 3). Отклонения JS и js симметричные, поэтому основными не являются. Второе предельное отклонение определяется через основное отклонение и допуск (рис. 2; 4).

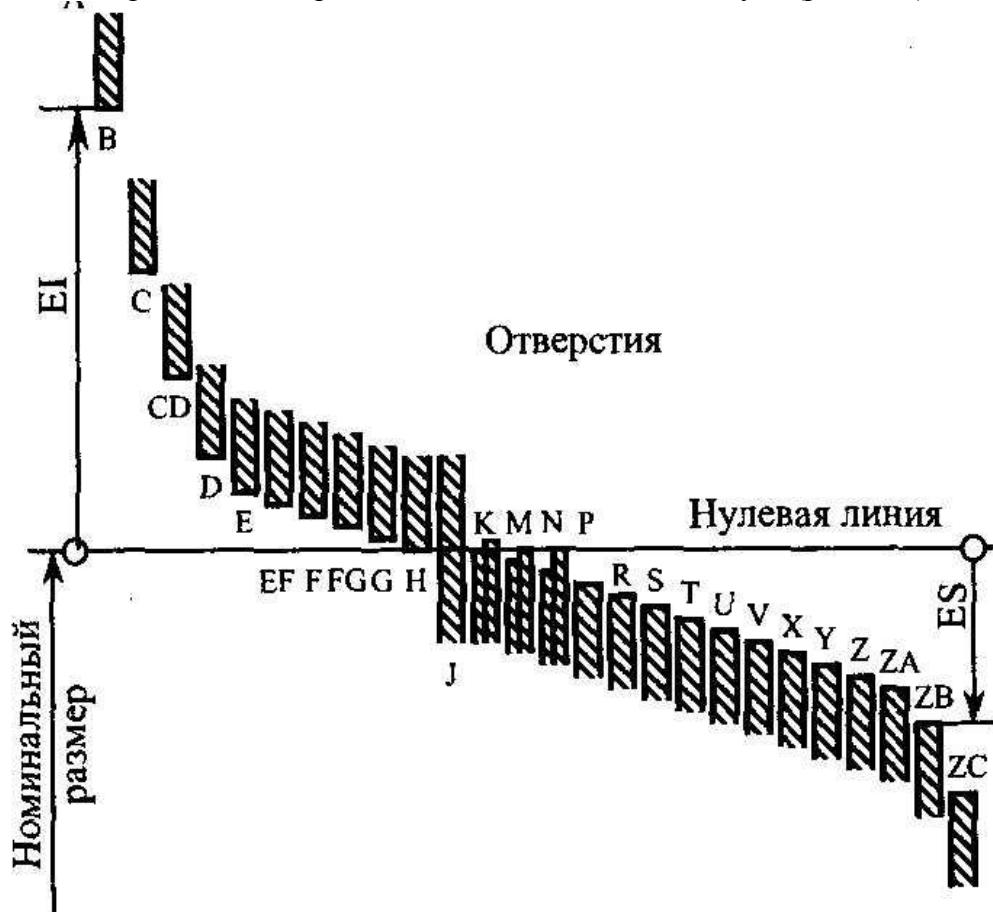


Рисунок 1 - Схема расположения и обозначение основных отклонений отверстий

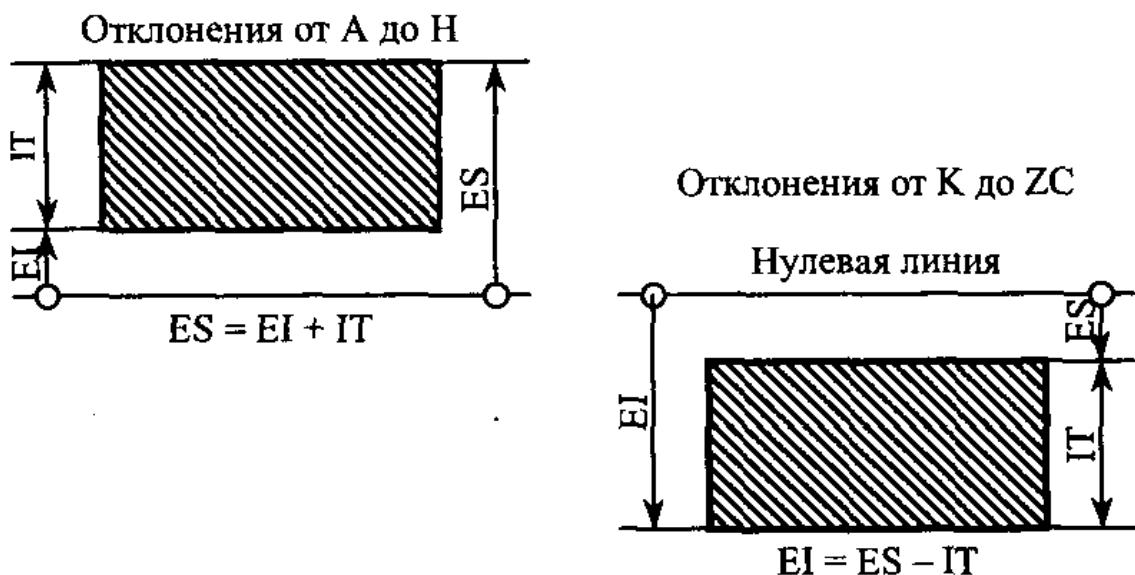


Рисунок 2- Определение второго предельного отклонения отверстия через основное отклонение и допуск

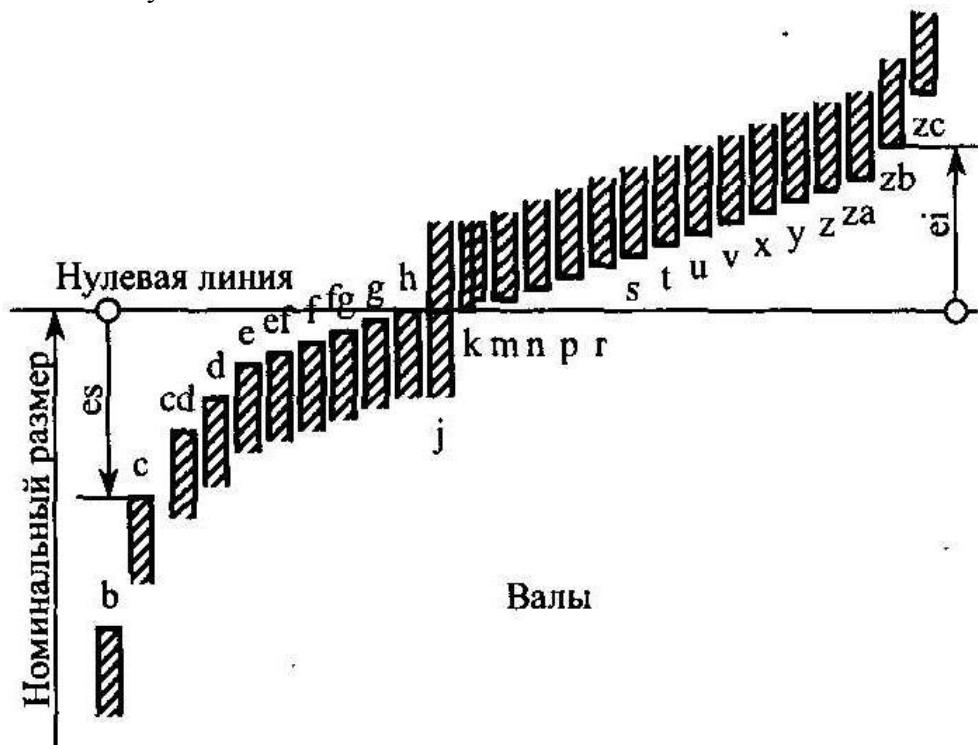


Рисунок 3- Схема расположения и обозначение основных отклонений валов

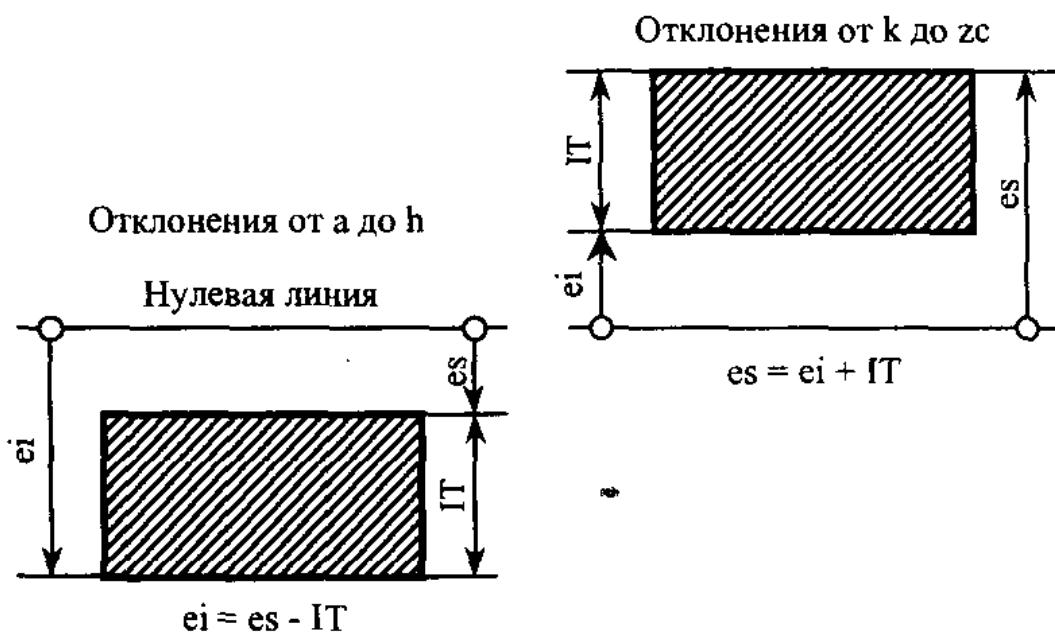


Рисунок 4- Определение второго предельного отклонения вала через основное отклонение и допуск

Величину допуска для любого размера можно найти по формуле

$$T = k \cdot i, \quad (1)$$

где T - допуск размера, мкм;

k - число единиц допуска (коэффициент точности);

i - единица допуска, мкм.

В ЕСДП единица допуска для размеров от 1 до 500 мм определяется по формуле

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D, \quad (2)$$

где $D = \sqrt{D_{\max} \cdot D_{\min}}$ - средняя геометрическая величина диаметра (размера) для заданного интервала диаметров, мм.

Точность изготовления различных деталей в ЕСДП характеризуется квалитетом. Квалитет (степень точности) — это совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров. ГОСТ 25346-89 устанавливает 20 квалитетов, которые обозначаются: 01,0, 1,2... 18.

В каждом квалитете ЕСДП установлено вполне определенное число единиц допуска k , которые для квалитетов с 5 по 13 приведены в табл. 1.

Таблица 1-Число единиц допуска в квалитетах ЕСДП, наиболее часто используемых для образования посадок

Квалитеты	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Число единиц допуска k	7	10	16	25	40	64	100	160	250

При известной величине допуска детали и ее номинальном размере можно определить число единиц допуска (коэффициент точности) по формуле:

$$k = \frac{T}{i}, \quad (3)$$

где i – единица допуска, вычисленная по формуле (2)

По коэффициенту k можно судить, по какому квалитету должна обрабатываться деталь.

При решении задач данной темы приходится определять величины предельных отклонений отверстий и валов заданных посадок. При этом используются табл. 1,2,3 ГОСТ 25346-89, а величины предельных отклонений находят по формулам:

$$ES = EI + IT \quad (4)$$

$$EI = ES - IT \quad (5)$$

$$es = ei + IT \quad (6)$$

$$ei = es - IT \quad (7)$$

где ES – верхнее отклонение отверстия;

EI – нижнее отклонение отверстия;

es – верхнее отклонение вала;

ei – нижнее отклонение вала;

IT – стандартный допуск (International Tolerance) взятый из таблиц системы допусков и посадок.

Методика решения задач

Рассмотрим методы решения некоторых задач.

Пример 1.

В двух посадках известны номинальные размеры соединений и обозначения посадок.

Определить:

- 1) в какой системе (в системе отверстия или вала) задана посадка;
- 2) предельные отклонения отверстия и вала;
- 3) допуск отверстия, допуск вала, допуск посадки;
- 4) предельные размеры отверстия и вала.

Дать схему расположения полей допусков деталей сопряжения с указанием на ней предельных отклонений.

Первая посадка: $\text{Ø}40 \frac{H7}{f7}$

Вторая посадка: $\text{Ø}50 \frac{E9}{h8}$

Решение.

Первая посадка: $\text{Ø}40 H7/f7$.

1. При решении вопроса о том, в какой системе (отверстия или вала) задана посадка, следует помнить, что по ЕСДП основное отверстие обозначается буквой **H**, а основной вал **h**. В соответствии с изложенным видим, что посадка задана в системе отверстия ЕСДП, причем допуски отверстия и вала заданы по седьмому квалитету.

2. Для определения предельных отклонений обращаемся к табл. 1,2,3 ГОСТ 25346-89.

Нижнее отклонение основного отверстия **H** равно нулю:

$$E1=0.$$

Верхнее отклонение отверстия определим по уравнению (4)

$$ES=EI+IT=0+25=25 \text{ мкм},$$

где IT – величина стандартного допуска по седьмому квалитету для размера 40 мм, взята по табл. 1 ГОСТ 25346-89.

Находим предельные отклонения вала. Верхнее отклонение вала определяется буквой **f** и берется из таблицы стандарта, указанного ранее, для номинального размера $d=40$ мм. Итак, находим, что $ez = -25$ мкм. Нижнее отклонение вычисляем по формуле (7):

$$ei = es - IT = -25 - 25 = -50 \text{ мкм}.$$

Величина стандартного допуска IT седьмого квалитета для номинального размера 40 мм

была найдена ранее.

Строим схему расположения полей допусков рассмотренной посадки (рис. 5).

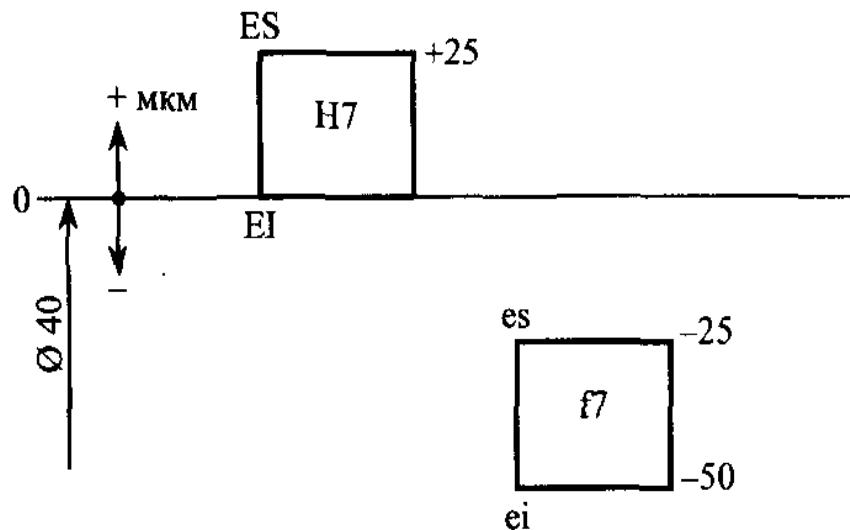


Рисунок 5 - Схема расположения полей допусков

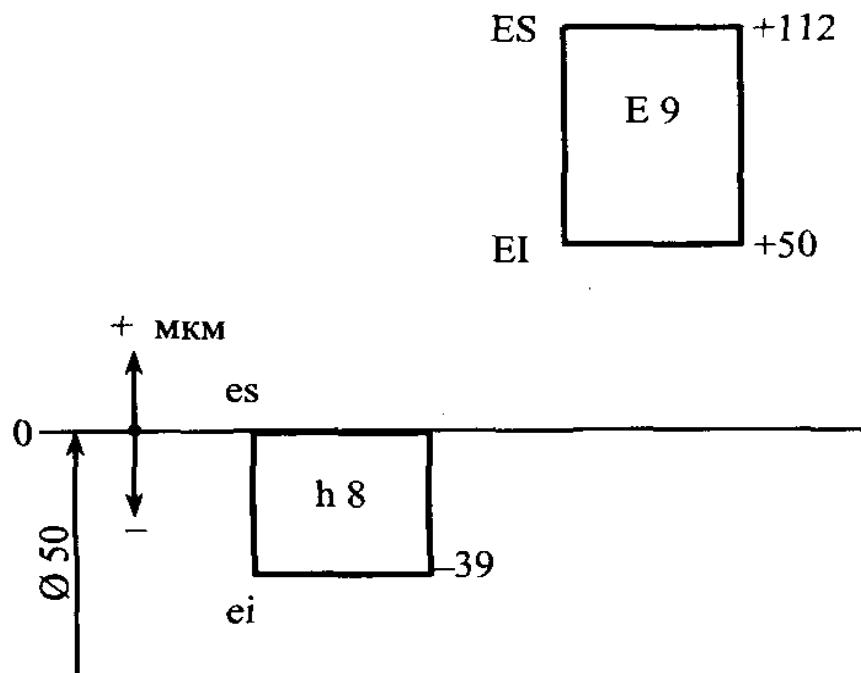


Рисунок 6 - Схема расположения полей допусков

3. Определяем допуск отверстия, допуск вала, допуск посадки.

Допуск отверстия и допуск вала определяются квалитетом. В нашем конкретном случае допуски отверстия и вала будут численно равны между собой, так как отверстие и вал выполнены по седьмому квалитету

$$T_D = T_d = IT7_{40} = 25 \mu\text{m}.$$

Допуск посадки найдем по формуле (13) или (14) (см. тему: «Определение основных элементов соединения»)

$$T_n = T_D + T_d = 25 + 25 = 50 \mu\text{m}.$$

Находим предельные размеры отверстия и вала по формулам (1), (2), (6), (7) (тема: «Определение основных элементов соединения»)

$$D_{\max} = D + ES = 40 + 0,025 = 40,025 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D + EI = 40 + 0 = 40,000 \text{ мм}$$

$$d_{\max} = d + es = 40 + (-0,025) = 39,975 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 40 + (-0,050) = 39,950 \text{ мм}$$

Вторая посадка $\emptyset 50E9/h8$.

1. Эта посадка задана в системе вала по ЕСДП. Основной вал восьмого квалитета, а отверстие девятого квалитета с основным отклонением Е.

2. Предельные отклонения выписываем из табл. 2 и 3 ГОСТ

25346-89 или СТ СЭВ 145-88 для заданного номинального размера посадки $d = 50 \text{ мм}$.
Имеем: $EI = +50 \text{ мкм}$; $ES = EI + TT_{50} = 50 + 62 = +112 \text{ мкм}$.

$$es = 0 \quad ei = es - IT_{850} = 0 - 39 = -39 \text{ мкм.}$$

Строим схему расположения полей допусков деталей сопряжения (рис. 2.6).

3. Определяем допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки по формулам (3), (8), (13):

$$T_D = ES - EI + 112 - (+50) = 62 \text{ мкм};$$

$$T_d = es - ei = 0 - (-39) = 39 \text{ мкм}$$

$$T_{\Pi} = T_D + T_d = 62 + 39 = 101 \text{ мкм}$$

Пример 2.

Для некоторого соединения известны: число единиц допуска отверстия $k_1 = 25$, число единиц допуска вала $k_2 = 16$, номинальный размер сопряжения $d = 120 \text{ мм}$ и наименьший зазор $S_{\min} = 36 \text{ мкм}$. Определить (подобрать) посадку по ЕСДП в системе отверстия, отвечающую условиям задачи.

В найденной посадке определить:

- 1) предельные размеры отверстия и вала;
- 2) дать схему расположения полей допусков деталей сопряжения с указанием предельных отклонений;
- 3) наибольший зазор;
- 4) допуск зазора (допуск посадки).

Решение.

1. Определяем величины допусков отверстия и вала соединения по формулам (1) и (2):

$$T_D = k_1 \cdot \left(0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D \right) = 25 \cdot \left(0,45 \cdot \sqrt[3]{98} + 0,001 \cdot 98 \right) = 54 \text{ мкм}$$

$$T_d = k_2 \cdot \left(0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D \right) = 16 \cdot \left(0,45 \cdot \sqrt[3]{98} + 0,001 \cdot 98 \right) = 34,5 \text{ мкм}$$

В ЕСДП в формуле (2) под D понимается среднее геометрическое из крайних значений интервала диаметров, к которому относится заданный размер. В нашем случае номинальный размер сопряжения $d = 120 \text{ мм}$. Он относится к интервалу размеров 80... 120, поэтому

$$D = \sqrt{80 \cdot 120} = 98 \text{ мм}$$

Наиболее близко к полученным с помощью расчетов величинам допусков подходят стандартные допуски по восьмому и седьмому квалитетам для номинального размера 120 мм. Итак, имеем для отверстия $T_D = 54 \text{ мкм}$, а для вала $T_d = 35 \text{ мкм}$.

Найденным значениям допусков при наименьшем зазоре в посад-

ке $S_{\min} = 36 \text{ мкм}$, удовлетворит посадка ЕСДП $\emptyset 120 \frac{H8}{f7}$

2. Определяем наибольший зазор в найденной посадке S_{\max} по формуле (13) темы:
«Определение основных элементов соединения»

$$S_{\max} = S_{\min} + T_D + T_d = 36 + 54 + 35 = 125 \text{ мкм.}$$

3. Находим предельные размеры отверстия и вала, предварительно определив предельные

отклонения.

Так как используется система отверстия, то

$$EI = 0 \text{ и } ES = +54 \text{ мкм.}$$

Предельные отклонения вала в соответствии с полем допуска:

$$es = -36 \text{ мкм}, ei = es - IT_{120} = -36 - 35 = -71 \text{ мкм}.$$

Далее имеем:

$$D_{\max} = D + ES = 120 + 0,054 = 120,054 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D + EI = 120 + 0 = 120,000 \text{ мм}$$

$$d_{\max} = d + es = 120 + (-0,036) = 119,964 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 120 + (-0,071) = 119,926 \text{ мм}$$

4. Определяем допуск посадки по формуле (13):

$$T_D = T_D + T_d = 54 + 35 = 89 \text{ мкм}$$

Строим схему полей допусков посадки (см. рис. 7).

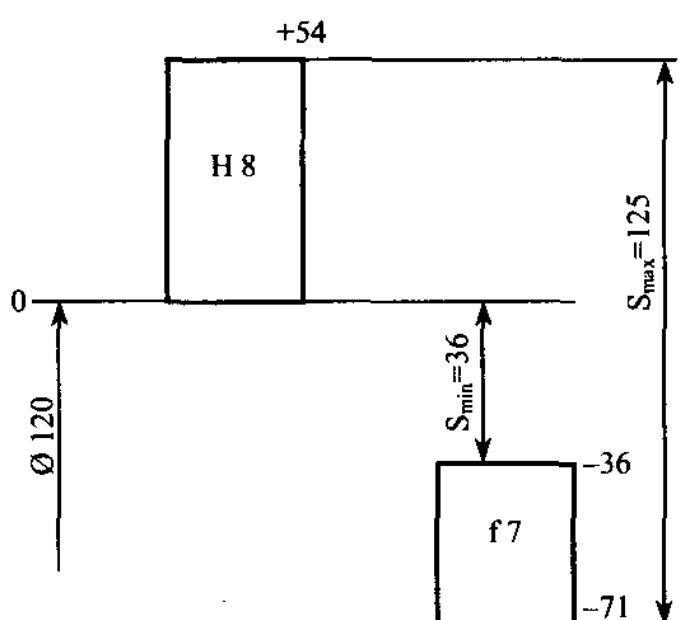


Рисунок 7 - Схема расположения полей допусков

Задание

Задача 1.

По известным номинальным размерам сопряжений и обозначению посадок изобразить схему расположения полей допусков посадок.

В заданных посадках определить:

- в какой системе задана посадка (в системе отверстия или в системе вала);
- пределные отклонения отверстия и вала и указать их на схеме;
- допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки;
- пределные, средние зазоры или натяги и указать их на схеме;
- пределные размеры отверстия и вала.

Таблица 1.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5

Номинальный диаметр сопряжения, мм	500	18	75	28	50	170
Обозначение посадки	$H6$ $g5$	$H8$ $d9$	$R9$ $h7$	$H10$ $a10$	$K6$ $h5$	$T8$ $h6$

Таблица 1
(продолжение)

Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр сопряжения, мм	75	48	100	30	38	12
Обозначение посадки	$N7$ $h6$	$F7$ $h5$	$F8$ $h6$	$H8$ $u8$	$H7$ $js6$	$H9$ $f8$

Задача 2.

В двух посадках по ЕСДП известны номинальные диаметры сопряжений и обозначения посадок (табл.2).

Необходимо определить:

-в какой системе задана посадка (в системе отверстия или в системе вала);

-пределные отклонения отверстия и вала;

-допуск отверстия, допуск вала и допуск посадки;

-пределные размеры отверстия и вала.

Изобразить схему расположения полей допусков посадок. На схемах указать предельные отклонения.

Таблица 2.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр сопряжения, мм	180	300	10	50	30	18

Обозначение посадки	$G7$ $\underline{h6}$	$M8$ $\underline{h7}$	$H7$ $\underline{m6}$	$M70$ $\underline{h6}$	$H6$ $\underline{s5}$	$H7$ $\underline{k6}$

Таблица 2.
(продолжение)

Последняя цифра номера варианта	6	7	8	9	10	11
Номинальный диаметр сопряжения, мм	105	8	280	36	170	450
Обозначение посадки	$H6$ $\underline{k5}$	$H8$ $\underline{m7}$	$H10$ $\underline{h10}$	$H7$ $\underline{m6}$	$H6$ $\underline{h5}$	$D9$ $\underline{h8}$

Задача 3.

Определить допуск на изготовление отверстия и вала при известном номинальном размере и числе единиц допуска, содержащихся в допусках отверстия и вала (табл. 3).

По полученным результатам подобрать посадку по ЕСДП в системе отверстия с минимальным зазором, равным нулю.

Для найденной посадки дать схему расположения полей допусков отверстия и вала с указанием на ней предельных отклонений.

В посадке определить:

- пределное отклонение отверстия и вала;
- допуск посадки;
- пределные размеры отверстия и вала;

Таблица 3.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр сопряжения, мм	90	190	28	53	4.8	36
Число единиц допуска отверстия, k_1	25	10	40	16	16	64

Число единиц допуска вала, k_2	25	10	25	16	10	40
----------------------------------	----	----	----	----	----	----

задача 4.

Для некоторого сопряжения известны число единиц допуска в допуске отверстия k_1 , число единиц допуска в допуске вала k_2 , номинальный размер сопряжения и наименьший зазор S_{min} (табл. 4).

Определить (подобрать) посадку по ЕСДП а системе отверстия, отвечающую условиям задачи.

В найденной посадке определить:

- наибольший зазор;
- пределные размеры отверстия и вала;
- допуск зазора (допуск посадки).

Дать схему расположения полей допусков отверстия и вала с указанием на ней предельных отклонений.

Таблица 4.

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр сопряжения, мм	220	180	42	140	100	67
S_{min} , мкм	50	310	80	85	120	60
Число единиц допуска отверстия, k_1	64	16	25	40	16	64
Число единиц допуска вала, k_2	40	16	16	25	10	64

Практическое занятие № ПЗ-9(2 часа).

Тема: «Комплексная стандартизация, унификация, агрегатирование»

Цель работы:

1. Изучить и записать термины, касающиеся комплексной стандартизации, унификации и агрегатирования.
2. Изучить и построить классификацию видов унификации.
3. В соответствии с вариантом (таблица 1) определить уровень унификации одного изделия.

Задачи работы: приобретения опыта и знаний в вопросах стандартизация, унификация, агрегатирование

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

Описание (ход) работы:

Общие положения

1.1. Унификация

Унификация - наиболее распространенная и эффективная форма стандартизации. Унификации подлежат типоразмеры изделий, их составных частей и деталей, марки материалов, их свойства, размеры, процессы, инструмент, методы испытаний, терминология и тд.

Унификация - это приведение объектов одинакового функционального назначения к единообразию (например, к оптимальной конструкции) по установленному признаку и рациональное сокращение числа этих объектов на основе данных об их эффективной применяемости. Таким образом, при унификации устанавливают минимально необходимое, но достаточное число типов, видов, типоразмеров, изделий, сборочный единиц и деталей, обладающих высокими показателями качества и полной взаимозаменяемости.

Модификационная унификация - унификация всех модификаций определенного изделия с базовой моделью или между собой внутри одного типоразмера.

Внутритиповая (размерно-конструктивная) унификация - унификация

между однотипными изделиями, имеющими различные параметры. Межтиповая унификация - унификация элементов продукции, отличающихся конструкцией, но имеющих сходные величины основных параметров.

Общая унификация - унификация сходной по назначению продукции, не имеющей конструктивно - технологического подобия.

Создание и выпуск машин на основе проверенных оптимальных унифицированных агрегатов позволяет примерно в 3 раза сократить сроки проектирования и освоения новой техники, снизить затраты на проектирование и освоение производства в 1,5 ... 2 раза и уменьшить себестоимость изготовления на 25 ... 30 %.

1.2. Агрегатирование.

Агрегатирование - принцип создания машин, оборудования, приборов и других изделий из унифицированных стандартных агрегатов (автономных сборочных единиц), устанавливаемых в изделии в различном числе и комбинациях.

Принцип агрегатирования широко применяют при создании разнообразных типов машин в сельскохозяйственном и автотракторном машиностроении. Используемые при этом агрегаты обладают полной взаимозаменяемостью по всем эксплуатационным показателям и присоединительным размерам.

Унификация и агрегатирование позволяет на основе базовой модели создавать ряд производных машин одинакового назначения, но с различными эксплуатационными показателями (по мощности, производительности и др.) или машин различного назначения, выполняющих качественно другие операции.

Метод секционирования заключается в разделении машин на одинаковые унифицированные секции, из которых образуется путем простого набора ряд производных машин (сейлки, плуги, оборудование животноводческих комплексов и т.д.)

Метод базового агрегата заключается в при соединении к базовой модели машины специального оборудования (агрегатов), в результате чего получают ряд производных машин разнообразного назначения. Метод широко применяется при создании тракторов, автомобилей, комбайнов.

1.3. Комплексная стандартизация

Комплексная стандартизация - это стандартизация, при которой осуществляется целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимоувязанных требований как к самому объекту комплексной стандартизации в целом и его основным элементам, так и к материальным и нематериальным факторам, влияющим на объект, в целях обеспечения оптимального решения задачи.

Комплексная стандартизация продукции, определяя одновременно качество

конечной продукции, исходного сырья, материалов, комплектующих изделий, позволяет сбалансировать качество всех составляющих элементов в интересах достижения оптимального уровня конечной продукции.

Инструментом практической организации работ по комплексной стандартизации продукции является разработка и реализация программ комплексной стандартизации. Реализация указанных программ осуществляется путем разработки и внедрения взаимосвязанных комплексов нормативно-технических документов, обеспечивающих решение поставленных задач.

1.4. Показатели уровня стандартизации и унификации изделий.

Уровень стандартизации и унификации изделия - насыщенность его соответственно стандартными и унифицированными составными частями.

Унифицированная деталь (составная часть) - это деталь (составная часть), используемая под одним и тем же номером в двух и более машинах.

Оригинальная деталь (составная часть) - это деталь (составная часть), используемая в одной конкретной машине.

Уровень стандартизации и унификации изделия характеризуется следующими коэффициентами, определенными по методике РД 50-33-80:

Коэффициент применяемости по типоразмеру

$$K_{np}^t = \frac{n - n_0}{n} \times 100, \%$$

где n - общее количество типоразмеров составных частей в изделии;
 n_0 - количество оригинальных типоразмеров составных частей в изделии.

Коэффициент применяемости по стоимости:

$$K_{np}^{ct} = \frac{C - C_0}{C} \times 100, \%$$

где C - стоимость всех деталей;

C_0 - стоимость оригинальных деталей.

Коэффициент повторяемости:

$$K_n = \frac{N - N_0}{N - 1} \times 100, \%$$

где N - общее количество составных частей в изделии;
 N_0 - количество оригинальных деталей.

Для планирования уровня унификации устанавливается коэффициент межпроектной (взаимной) унификации:

$$K_{my} = \frac{\sum_{i=1}^H n_i - z}{\sum_{i=1}^H n_i - n_{max}} \times 100\%$$

n_i - число типоразмеров составных частей (узлов) в i - м изделии;

$z = \sum_{j=1}^m q$ число типоразмеров составных частей в H изделиях;

q_j - число разновидностей типоразмеров одного наименования в j - й составной части;

m - общее число наименований составных частей рассматриваемых из-делий (проектов);

n_{max} - максимальное число типоразмеров составных частей одного изделия (проекта).

Для количественной оценки уровня комплексной стандартизации используется интегральный коэффициент охвата изделий стандартизацией:

$$K_{int} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

где K_1, K_2, \dots, K_n - частные коэффициенты стандартизации каждого элемента конструкции, компонента, входящего в изделие.

Таким образом, интегральный коэффициент охвата изделий стандартизацией K_{int} получается перемножением частных коэффициентов, характеризующих уровень стандартизации сырья, полуфабрикатов, комплектующих изделий и т.д.

Частный коэффициент K представляет собой отношение количества разработанных нормативно-технических документов на стандартизованные элементы конструкции K_{ct} и общему количеству нормативно технических документов, необходимых для выпуска данной продукции $K_{общ}$

$$K = \frac{K_{ct}}{K_{общ}}$$

Решение задач

Рассмотрим решение задач на примерах.

Оценить уровень унификации автомобиля. Исходные данные по числу типоразмеров, деталей и их стоимости представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Информация о составных частях автомобиля

Число типоразмеров		Число деталей		Стоимость, руб	
общее n	оригинальных n_0 ,	<i>Общее N</i>	Оригинальных N_o	общая С	Оригинальная Со
3473	196	14989	763	3239,36	1146,46

Решение:

Коэффициент применяемости по типоразмерам:

$$K_{np}^t = \frac{n-n_0}{n} \times 100 = \frac{3473-196}{3473} \cdot 100 = 94.3\%$$

Коэффициент применяемости по стоимости:

$$K_{np}^{\text{ст}} = \frac{C - C_0}{C} \times 100 = \frac{3239.36 - 1146.46}{3239.36} \cdot 100 = 64.7$$

Коэффициент повторяемости:

$$K_n = \frac{N - N_0}{N - 1} \times 100 = \frac{14989 - 763}{14989 - 1} \cdot 100 = 94.9$$

Определить коэффициент межпроектной (взаимной) унификации для 18 моделей универсальных токарных станков при следующих исходных данных:

общее количество моделей станков $H=18$;

число типоразмеров составных частей $z = \sum_{o=1}^{18} q_j = 76$

максимальное число типоразмеров составных частей одного станка $P_{max} = 28$

общее количество составных частей

$z = \sum_{o=1}^{18} q_j = 276$

Решение:

Коэффициент межпроектной (взаимной) унификации:

$$K_{my} = \frac{\sum_{i=1}^H n_i - z}{\sum_{i=1}^H n_i - n_{max}} \times 100 = \frac{276 - 76}{276 - 28} \cdot 100 = 80.8\%$$

Таблица 1- Исходные данные

Пара- метр	Вариант													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
n	152	167	87	195	272	225	141	186	197	213	176	185	200	215
N	484	523	68	587	602	643	674	518	546	578	620	492	520	600
C , уел. ед.	410	440	60	490	510	530	550	580	610	640	630	620	650	590
no	12	17	3	39	42	55	68	76	84	95	85	87	83	94
κ ,	19	28	4	46	57	76	84	97	105	128	100	115	103	90
CO , уел. ед.	200	220	40	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460

Практическое занятие № ПЗ-10(2 часа).

Тема: «Размерный анализ»

Цель работы:

1. В соответствии с заданным замыкающим звеном выявить размерные связи и составить схему размерной цепи.
2. Установить квалитет, определить допуски и предельные отклонения составляющих звеньев размерной цепи методом максимума-минимума.
3. Определить допуск и предельные отклонения корректирующего звена.
4. Дать сравнительную оценку методам расчета (полученные допуски составляющих звеньев при методе максимума-минимума сравнить с допусками, которые могли бы получиться при вероятностном методе расчета).

Задачи работы:научиться составлять размерные цепи

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

Описание (ход) работы:

Общие положения

1. На II формате в расчетно-пояснительной записке выполняется эскиз заданного узла, на котором выявляется заданное замыкающее звено. По заданному замыкающему звену выявляются составляющие звенья (размеры) размерной цепи, т.е. устанавливаются размерные связи.

Составляющими называются звенья (размеры), изменение которых вызывает изменение замыкающего звена. Выявление составляющих звеньев размерной цепи является одним из ответственных этапов, от которого зависит правильность её расчета.

Предварительно следует разобраться в конструктивных особенностях заданного узла, условиях его работы в машине, а также установить последовательность его сборки.

Детали в узлах сопрягаются между собой по сборочным базам (сборочными базами деталей называются поверхности касания соседних деталей).

При выявлении каждого составляющего звена (размера) необходимо убедиться в том, что изменение его размера (при постоянных размерах остальных составляющих звеньев) влечет за собой изменение размера замыкающего звена. Если увеличение исследуемого размера увеличивает замыкающее звено, то такой размер относят составляющим увеличивающим. Если увеличение исследуемого размера уменьшает замыкающее звено, то этот размер - составляющий уменьшающий.

При наличии подшипниковых узлов следует обращать внимание на то, каким подшипником вал удерживается от осевого смещения (внутреннее кольцо жестко закреплено на валу, а наружное - корпусе).

Изменение положения данного подшипника в корпусе вызывает изменение положение вала в узле со всеми деталями, смонтированными на валу. Если это вызывает изменение замыкающего звена, то размер, определяющий положение подшипника в корпусе, будет составляющим звеном.

После выявления составляющих звеньев строится схема размерной цепи, которая представляется в виде замкнутого размерного контура. В размерную цепь должны входить замыкающее звено и все составляющие звенья (размеры). При построении схемы сборочной размерной цепи по чертежу последовательно переходят от одной сборочной базы к другой сборочной базе (через составляющие размеры и замыкающее звено) и строят замкнутый размерный контур. Примеры схем размерных цепей представлены на рис. 10.1.

На схеме размерной цепи составляющие звенья размерной цепи представляются в виде размерной линии со стрелками на концах. Вертикальными отрезками условно обозначены положения сборочных баз (короткими - промежуточных, более длинными - крайних, которые ограничивают на чертеже составляющие звенья соответственно слева и справа).

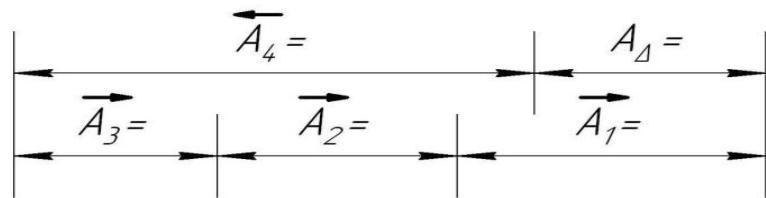
Увеличивающие звенья на схеме размерной цепи обозначают отрезками со стрелками на конце, направленными слева направо (например $\overset{\rightarrow}{A_1}, \overset{\rightarrow}{A_2}$, и т.д.), уменьшающие звенья – отрезками со стрелками на конце, направленными справа налево (например $\overset{\rightarrow}{A_4}, \overset{\rightarrow}{A_3}, \overset{\rightarrow}{A_5}$). На схеме указываются номинальные размеры звеньев, например, $A_1=10$ и т.д.

Правильность построения схемы размерной цепи и назначения номинальных размеров звеньев проверяются по уравнению:

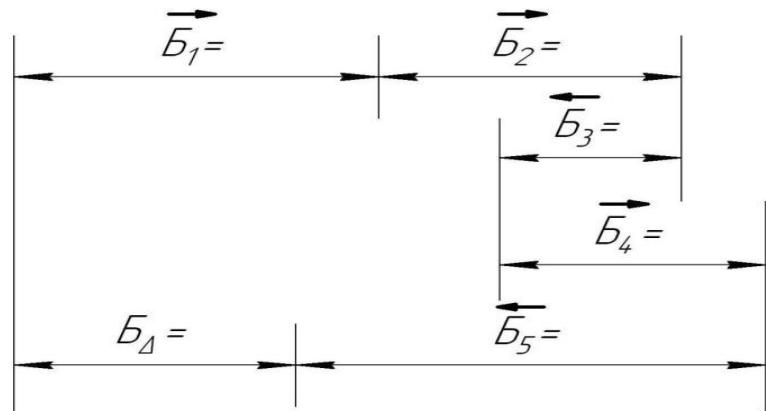
$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m A_{iy} - \sum_{i=1}^p A_{iy},$$

где A_{Δ} , A_{iy} - номинальные размеры замыкающего, увеличивающих и уменьшающих составляющих звеньев; m – число увеличивающих составляющих звеньев; p – число уменьшающих составляющих звеньев.

Если схема размерной цепи составлена правильно, а условие (45) не выполняется, то корректируют номинальный размер одного из составляющих звеньев.



a)



б)

Рисунок 10.1 – Схемы размерных цепей: а) – для замыкающего звена A_Δ ; б) – для замыкающего звена B_Δ .

2. Решаем прямую задачу способом назначения допусков одного и того же квалитета, методом максимума-минимума.

Квалитет устанавливается по коэффициенту "a", который рассчитывается по уравнениям:

$$a_{cp} = TA_\Delta / \sum_{i=1}^{n-1} i_i; \quad (1)$$

$$\hat{a}_{i\delta} = \frac{\hat{O}A_\Delta + \sum_{i=1}^{n-1} TA_{i\text{еск}}}{\sum_{i=1}^q i_i}; \quad (2) \quad \text{где} \quad \hat{O}A_\Delta -$$

допуск замыкающего звена; $\hat{O}A_{i\text{еск}}$ – допуск i -го составляющего звена, который предварительно известен; $n - 1$ – число составляющих звеньев; q – число составляющих звеньев, допуски которых требуется определить; i – единица допуска.

Уравнение (1) используется при неизвестных допусках всех составляющих звеньев, уравнение (2) – когда допуски некоторых составляющих звеньев предварительно известны.

Единицу допуска рассчитывают по формулам:

$$i = 0,45\sqrt{A_{i\delta}} + 0,001 \cdot A_{i\delta}$$

для размеров до 500 мм;

$$i_i = 0,004A_{i\delta} + 2,1$$

для размеров свыше 500 до 3150 мм,

$$A_{i\delta} = \sqrt{A_{i\text{max}} \cdot A_{i\text{min}}}$$

где $A_{i\text{max}}, A_{i\text{min}}$ – крайние значения интервалов размеров, к которым относятся номинальные размеры A_i .

В уравнениях i и $i_i A_{i\text{cp}}$ подставляют в мм, i_i получают в мкм.

Величины A_i и a_{cp} рассчитываются для каждого составляющего звена, допуск которого неизвестен.

По полученному значению a и по таблице 2 устанавливается квалитет.

В соответствии с установленным квалитетом по ГОСТ 25346-89 или ГОСТ 25347-82 определяются допуски составляющих звеньев, кроме одного - корректирующего.

За корректирующее звено принимается одно из составляющих звеньев, допуск которого неизвестен.

При $a_{cp} < a_{tb}$ за корректирующее звено принимается размер, по которому деталь проще обработать и измерить.

Устанавливаются предельные отклонения составляющих звеньев: для охватывающих размеров - как для основного отверстия ($EI = 0$), для охватываемых - как для основного вала ($es = 0$)

3. Допуск и предельные отклонения корректирующего звена определяются, исходя из уравнений:

$$\dot{O}A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} TA_i,$$

$$EsA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m EsA_{i\delta\hat{a}} - \sum_{i=1}^p EiA_{i\delta i},$$

$$EiA_{\Delta} = \sum_{i=1}^p EiA_{i\delta\hat{a}} - \sum_{i=1}^{m-1} EsA_{i\delta i},$$

Допуск корректирующего звена определяется по формуле:

$$TA_i^{kop} = TA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n-2} TA_i,$$

$$EsA_{y\delta}^{kop} = EsA_{\Delta} + \sum_{i=1}^p EiA_{iy\delta} - \sum_{i=1}^{m-1} EsA_{iy\delta},$$

$$EiA_{\delta\hat{a}}^{e\delta} = E_i A_{\Delta} + \sum_{i=1}^p EsA_{i\delta\hat{a}} - \sum_{i=1}^{m-1} EiA_{i\delta i},$$

Для уменьшающего корректирующего звена предельные отклонения определяются по уравнениям:

$$EsA_{\delta i}^{e\delta} = \sum_{i=1}^m EiA_{i\delta\hat{a}} - EiA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{p-1} EsA_{i\delta i},$$

$$EiA_{\delta i}^{e\delta} = \sum_{i=1}^m EsA_{i\delta\hat{a}} - EsA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{p-1} EiA_{i\delta i},$$

Правильность определения допуска и предельных отклонений корректирующего звена проверяется по формуле:

$$EsA_i^{e\delta} - EiA_i^{e\delta} = TA_i^{e\delta},$$

где $TA_i^{e\delta}$ – допуск корректирующего звена.

4. Сравнительная оценка методам расчета дается по коэффициенту расширения допусков составляющих звеньев - τ :

$$\tau = \frac{a_{cp}^6}{a_{cp}},$$

где $\dot{a}_{\hat{n}\delta}^{\hat{a}}$ – коэффициент, определенный при вероятностном методе расчета; $\dot{a}_{\hat{n}\delta}$ – коэффициент, определенный при расчете методом максимума-минимума.

При условии, что погрешности размеров распределены по нормальному закону, центр группирования совпадает с серединой поля допуска, и допуск равен зоне рассеяния, $\dot{a}_{\hat{n}\delta}^{\hat{a}}$ определяются по формуле (3), когда допуски всех составляющих размеров неизвестны и по формуле (4), когда допуски некоторых составляющих размеров известны:

$$\hat{a}_{\hat{n}\delta} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} i_i^2}}, \quad (3)$$

$$\hat{a}_{\hat{n}\delta} = \sqrt{\frac{(DA_{\Delta})^2 - \sum_{q=1}^{n-1} (DA_{i_{eq}\hat{a}})^2}{\sum_{i=1}^q i_{i\hat{n}\delta}^2}}. \quad (4)$$

Допуски составляющих размеров при вероятностном методе могут быть расширены в τ раз ($\tau > 1$).

ПР-11

Оценка случайной погрешности прямых измерений.

Практическое занятие № ПЗ-11(2 часа).

Тема: «Исследование свойств бинарных отношений»

Цель работы:

1. Изучить методику оценки случайной погрешности прямых измерений.
2. Обработка измерений деталей (на примере измерений диаметра цилиндра).

Задачи работы: приобрести опыт расчета погрешностей измерений

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

Описание (ход) работы:

Общие положения

При обработке результатов измерений мы предлагаем следующий порядок операций для прямых измерений:

1. Результаты каждого измерения записываются в таблицу.
2. Вычисляется среднее значение из n измерений

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$

3. Находятся погрешности отдельных измерений

$$\Delta a_i = \bar{a} - a_i$$

4. Вычисляются квадраты погрешностей отдельных измерений $(\Delta a_i)^2$.
5. Если одно (или два) измерение резко отличается по своему значению от остальных измерений, то следует проверить, не является ли оно промахом.
6. Определяется средняя квадратичная погрешность результата серии измерений

$$\Delta S_{\bar{a}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta a_i)^2}{n(n-1)}}$$

7. Задается значение надежности α .

8. Определяется коэффициент Стьюдента $t_{\alpha}(n)$ для заданной надежности α и числа произведенных измерений n .

9. Находятся границы доверительного интервала (погрешность результата измерений)

$$\Delta a = t_{\alpha}(n) \Delta S_{\bar{a}}$$

10. Если величина погрешности результата измерений окажется сравнимой с величиной погрешности прибора, то в качестве границы доверительного интервала следует взять величину

$$\Delta a = \sqrt{t_{\alpha}^2(n) \Delta S_{\bar{a}}^2 + \left(\frac{k_{\alpha}}{3}\right)^2 \delta^2}, \quad k_{\alpha} = t_{\alpha}$$

где δ — величина погрешности прибора.

Таблица 1 Приближенное определение погрешностей функции одногого переменного

№ п/п	Вид функции $z = z(a)$	Абсолютная погрешность Δz	Относительная погрешность $\Sigma = \Delta z / z$
1	$ca, c = \text{const}$	$c\Delta a$	$\Delta a / a$
2	$a^n, n \geq 0$	$n\bar{a}^{(n-1)}\Delta a$	$n\Delta a / a$
3	$a/1+a$	$(1+\bar{a}-\bar{a})/ (1+\bar{a})^2\Delta a = \Delta a/(1+\bar{a})^2$	$\Delta a / \bar{a}(1+\bar{a})$
4	$1-a$	$(1+\bar{a}-\bar{a})/(1-\bar{a})^2$ $\Delta a = \Delta a/(1-\bar{a})^2$	$\Delta a / \bar{a}(1-\bar{a})$
5	$\sqrt[n]{a}$	$1/n*\bar{a}^{(1/n-1)}\Delta a$	$1/n*\Delta a/\bar{a}$
6	$e^{a/c}, c = \text{const}$	$e^{\bar{a}/c}*\Delta a/c$	$\Delta a/c$
7	$A^{a/c}, c = \text{const}$ $A = \text{const}$	$A^{\bar{a}/c}\ln A^{\Delta a/c}$	$\ln A^{\Delta a/c}$
8	$\ln a$	$\Delta a/\bar{a}$	$\Delta a/\ln \bar{a}*\bar{a}$
9	$\sin(a/c), c = \text{const}$	$\cos(\bar{a}/c) \Delta a/c$	$\operatorname{ctg}(\bar{a}/c) \Delta a/c$
10	$\cos(a/c), c = \text{const}$	$\sin(\bar{a}/c) \Delta a/c$	$\operatorname{tg}(\bar{a}/c) \Delta a/c$
11	$\operatorname{tg}(a/c), c = \text{const}$	$1/\cos^2(\bar{a}/c)*\Delta a/c$	$2/\sin(2\bar{a}/c)*\Delta a/c$
12	$\operatorname{ctg}(a/c), c = \text{const}$	$1/\sin^2(\bar{a}/c)*\Delta a/c$	$2/\sin(2\bar{a}/c)*\Delta a/c$

Пример. Обработка измерений диаметра цилиндра.

Проведем ее для двух значений надежности $\alpha = 0,95$ и $\alpha = 0,99$. Десять значений диаметра цилиндра приведены в табл. 2. Измерения проводились микрометром с ценой деления $0,01\text{мм}$.

Таблица 2

i	$d_i, \text{мм}$	i	$d_i, \text{мм}$
1	14,85	6	14,81
2	14,80	7	14,80
3	14,84	8	14,85
4	14,81	9	14,84
5	14,79	10	14,80

1. Возьмем пять первых измерений из табл. 2 и найдем среднее значение диаметра и границы доверительного интервала из этих измерений. Выберем произвольное число d_0 , удобное для расчетов (пусть $d_0 = 14,80 \text{ мм}$). Вычислим разности $d_i - d_0$ и квадраты этих разностей. Результаты приведены в табл. 3,

Найдем среднее значение d :

$$\bar{d} = d_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d_0) = 14,80 + \frac{0,09}{5} = 14,818 \text{ мм},$$

$$\bar{d} - d_0 = 0,018 \text{ мм}.$$

Таблица 3

	$d_i, \text{мм}$	$d_i - d_0, \text{мм}$	$(d_i - d_0)^2, \text{мм}^2$

14,85	0,05	0,0025
14,80	0,00	0,0000
14,84	0,04	0,0016
14,81	0,01	0,0001
14,79	-0,01	0,0001
Сумма	0,09	0,0043

Средний квадрат погрешности серии из пяти измерений равен

$$\Delta S_{\bar{d}}^2 = \frac{1}{n(n-1)} \left[\sum_{i=1}^n (d_i - d_0)^2 - n(\bar{d} - d_0)^2 \right] = \\ = \frac{1}{5 \cdot 4} (0,0043 - 5 \cdot 0,000324) = \frac{27}{20} \cdot 10^{-4} = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2.$$

Извлекая квадратный корень, получим

$$\Delta S_{\bar{d}} = 1,16 \cdot 10^{-2} \text{ мм.}$$

Для надежности $\alpha = 0,95$ и $n= 5$ находим значение коэффициента Стьюдента $t_{\alpha} = 2,78$ и вычисляем абсолютную погрешность результата измерений

$$\Delta d_{\bar{d}} = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{d}} = 2,78 \cdot 0,0116 = 0,0322 \text{ мм.}$$

Тогда результат измерения можно представить в виде

$$(14,818 - 0,032) \text{ мм} \leq d \leq (14,818 + 0,032) \text{ мм.}$$

Или, сохраняя в величине погрешности одну значащую цифру,
 $(14,82 - 0,03) \text{ мм} \leq d \leq (14,82 + 0,03) \text{ мм,}$

т. е.

$$14,79 \text{ мм} \leq d \leq 14,85 \text{ мм}$$

или

$$d = (14,82 \pm 0,03) \text{ мм.}$$

Относительная погрешность

$$\epsilon_d = \pm \frac{0,03}{14,82} \cdot 100\% \approx \pm \frac{3}{15}\% = \pm 0,2\%.$$

Теперь найдем абсолютную и относительную погрешности для тех же пяти измерений при другом значении надежности: $\alpha = 0,99$. Находим для $n = 5$ и $\alpha = 0,99$ значение $t_{\alpha} = 4,60$. Тогда

$$\Delta d_{\bar{d}} = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{d}} = 4,60 \cdot 1,16 \cdot 10^{-2} = 5,34 \cdot 10^{-2} \text{ мм.}$$

Следовательно,

$$d = (14,82 \pm 0,05) \text{ мм}$$

и

$$\epsilon_d = \pm \frac{0,05}{14,82} \cdot 100\% \approx \pm \frac{5}{15}\% = \pm 0,3\%.$$

Сравнив результат, мы видим, что границы доверительного интервала при увеличении надежности от $\alpha = 0,95$ до $\alpha = 0,99$ возросли.

2. Проведем расчет погрешностей для этих же пяти измерений, незаконно полагая, что $\sigma^2 = \Delta S_n^2$ (что, конечно, при $n= 5$ является ошибочным). Для этого воспользуемся кривыми. Отношение заштрихованной площади под кривой Гаусса к площади под всей кривой дает величину a . Полагая величину $a = 0,95$, можно найти значение абсциссы,

$$k_{\alpha} = \frac{\Delta d_{\bar{d}}}{\Delta S_{\bar{d}}},$$

равное

в нашем случае

$$k_{\alpha} = 1,96.$$

Это дает возможность определить значение абсолютной погрешности результата

$$\Delta d = k_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{d}} = 1,96 \cdot 1,16 \cdot 10^{-2} \text{ мм} = 2,27 \cdot 10^{-2} \text{ мм} \approx \\ \approx 2 \cdot 10^{-2} \text{ мм,}$$

Сравнивая полученный результат (в) с результатом (а), видим, что погрешность получилась меньше примерно на 30%. Принимая данную величину погрешности результ-

тата измерения (в), можно найти величину надежности. Для этого положим $t_a = \kappa_a$ и получим $a = 0,87$ вместо заданной величины $a = 0,95$. Следовательно при малом числе измерений n применение закона нормального распределения с $\sigma^2 = \Delta S_n^2$ вместо распределения Стьюдента при определении абсолютной погрешности результата приводит к уменьшению надежности результата измерений. Полагая $a = 0,99$, получаем

$$\kappa_x = 2,58 \text{ и } \Delta d = \kappa_x \cdot \Delta S_d = 3 \cdot 10^{-2} \text{ мм вместо}$$

$$\Delta d = \kappa_x \cdot \Delta S_d = 5 \cdot 10^{-2} \text{ мм.}$$

Значение надежности в этом случае понижается до $a = 0,95$.

3. Найдем теперь средние значения и погрешности из следующих пяти измерений (6—10), приведенных в табл. 2.

Таблица 4

i	$d_i, \text{мм}$	$d_i - d_0, \text{мм}$	$(d_i - d_0)^2, \text{мм}^2$
1	14,81	+0,01	0,0001
2	14,80	0	0
3	14,85	+0,05	0,0025
4	14,84	+0,04	0,0016
5	14,80	0	0
Сумма		+0,10	+0,0042

$$d_0 = 14,80 \text{ мм,}$$

$$\bar{d} = d_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d_0) = 14,80 + \frac{0,10}{5} = 14,82 \text{ мм,}$$

$$\bar{d} - d_0 = 0,02 \text{ мм,}$$

$$\Delta S_{\bar{d}}^2 = \frac{1}{n(n-1)} \left[\sum_{i=1}^n (d_i - d_0)^2 - n(\bar{d} - d_0)^2 \right] =$$

$$= \frac{1}{20} (0,0042 - 5 \cdot 0,0004) = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2,$$

$$\Delta S_{\bar{d}} = 1,05 \cdot 10^{-2} \text{ мм.}$$

При $\alpha = 0,95$ имеем

$$\Delta d_{\bar{d}} = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{d}} = \pm 2,78 \cdot 1,05 \cdot 10^{-2} = 2,92 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \simeq$$

$$\simeq \pm 3 \cdot 10^{-2} \text{ мм,}$$

$$\epsilon_d = \frac{\Delta d_{\bar{d}}}{\bar{d}} \cdot 100\% = \pm \frac{0,03}{14,82} \cdot 100\% = \pm 0,2\%$$

и $d = (14,82 \pm 0,03) \text{ мм.}$

При $\alpha = 0,99$ получаем

$$\Delta d_{\bar{d}} = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{d}} = \pm 4,60 \cdot 1,05 \cdot 10^{-2} = \pm 4,83 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \simeq$$

$$\simeq \pm 5 \cdot 10^{-2} \text{ мм,}$$

$$\epsilon_d = \frac{\Delta d_{\bar{d}}}{\bar{d}} \cdot 100\% = \pm \frac{0,05}{14,82} \cdot 100\% = \pm 0,3\%$$

и $d = (14,82 \pm 0,05) \text{ мм.}$

Таблица 5

	$d_i - d_0, \text{мм}$	$(d_i - d_0)^2, \text{мм}^2$
Сумма	+0,19	0,0085

Найдем теперь погрешность результата всей серии из десяти измерений, приведенных в табл. 3 и 4. В этом случае имеем табл. 5, полученную суммированием последних строчек табл. 3 и 4.

$$d_0 = 14,80 \text{мм},$$

$$\bar{d} = d_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d_0) = 14,80 + \frac{1}{10} \cdot 0,19 = 14,819.$$

$$\bar{d} - d_0 = 0,019 \text{ мм},$$

$$\begin{aligned} \Delta S_{\bar{d}}^2 &= \frac{1}{n(n-1)} \left[\sum_{i=1}^n (d_i - d_0)^2 - n(\bar{d} - d_0)^2 \right] = \\ &= \frac{1}{90} (0,0085 - 10 \cdot 0,000361) = \frac{49}{90} \cdot 10^{-4} = 54 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2, \\ \Delta S_{\bar{d}} &= 7,35 \cdot 10^{-3} \text{ мм}. \end{aligned}$$

Коэффициенты Стьюдента t_α

α $n-1$	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
1	6,31	12,7	31,8	63,7	636,6
2	2,92	4,30	6,96	9,92	31,6
3	2,35	3,18	4,54	5,84	12,9
4	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
5	2,02	2,57	3,36	4,03	6,87
6	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
7	1,89	2,36	3,00	3,50	5,41
8	1,86	2,31	2,90	3,36	5,04
9	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
10	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
11	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
12	1,78	2,18	2,68	3,05	4,32
13	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
14	1,76	2,14	2,62	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
17	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
18	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
20	1,72	2,09	2,53	2,85	3,85
21	1,72	2,08	2,52	2,83	3,82
22	1,72	2,07	2,51	2,82	3,79
23	1,71	2,07	2,50	2,81	3,77
24	1,71	2,06	2,49	2,80	3,75
25	1,71	2,06	2,49	2,79	3,73
26	1,71	2,06	2,48	2,78	3,71
27	1,70	2,05	2,47	2,77	3,69
28	1,70	2,05	2,47	2,76	3,67
29	1,70	2,05	2,46	2,76	3,66
30	1,70	2,04	2,46	2,75	3,65

32	1,69	2,04	2,45	2,74	3,62
34	1,69	2,03	2,44	2,73	3,60
36	1,69	2,03	2,43	2,72	3,58
38	1,69	2,02	2,43	2,71	3,57
40	1,68	2,02	2,42	2,70	3,55
42	1,68	2,02	2,42	2,70	3,54
44	1,68	2,02	2,41	2,69	3,53
46	1,68	2,01	2,41	2,69	3,52
48	1,68	2,01	2,41	2,68	3,51
50	1,68	2,01	2,40	2,68	3,50
55	1,67	2,00	2,40	2,67	3,48
60	1,67	2,00	2,39	2,66	3,46
65	1,67	2,00	2,39	2,65	3,45
70	1,67	1,99	2,38	2,65	3,44
80	1,66	1,99	2,37	2,64	3,42
90	1,66	1,99	2,37	2,63	3,40
100	1,66	1,98	2,36	2,63	3,39
120	1,66	1,98	2,36	2,62	3,37
150	1,66	1,98	2,35	2,61	3,36
200	1,65	1,97	2,35	2,60	3,34
250	1,65	1,97	2,34	2,60	3,33
300	1,65	1,97	2,34	2,59	3,32
400	1,65	1,97	2,34	2,59	3,32
500	1,65	1,96	2,33	2,59	3,31

Практическое занятие № ПЗ-12(2 часа).

Тема: «Обработка результатов измерений»

Цель работы:

1. Изучить общие положения по обработке результатов измерений
2. Решение типовых задач по обработке результатов измерений
3. **Задачи работы:** приобрести опыт в оценивании погрешностей при измерениях
Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
спецификой дисциплины не предусмотрены

Описание (ход) работы:

Общие положения

Результат измерения – числовое значение, приписываемое измеряемой величине, с указанием **точности измерения**.

Численные показатели точности:

- *доверительный интервал (доверительные границы)* погрешности Δ_P ;
- *оценка СКО* погрешности S .

Правила выражения показателей точности:

- численные показатели точности выражаются в единицах измеряемой величины;
- численные показатели точности должны содержать не более двух значащих цифр
- наименьшие разряды результата измерения и численных показателей точности должны быть одинаковыми.

Представление результатов измерений

Результат измерения:

$$X = \tilde{X}, \Delta = \pm \Delta_p \quad \text{или} \quad X = \tilde{X} \pm \Delta_p$$

Пример:

$$U = 105,0 \text{ B}, \Delta_{0,95} = \pm 1,5 \text{ B} \text{ или } U = 105,0 \pm 1,5 \text{ B}.$$

Вычисление значения измеряемой величины

Пусть модель объекта (измеряемой величины)

$$X = f(X_1, X_2, \dots, X_m) - \Delta_{mem};$$

при измерениях получены результаты наблюдений X_{ij} ,
где $i = 1, \dots, m$ – количество прямо измеряемых входных величин;
 $j = 1, \dots, n$ – число наблюдений каждой входной величины.

Порядок нахождения \tilde{X} :

- 1) исключение известных систематических погрешностей путем введения поправок Δ_{cij} :

$$X'_{ij} = X_{ij} - \Delta_{cij};$$

- 2) оценка равноточности измерений (исключение грубых погрешностей)
– по критерию Смирнова или критерию Райта;

- 3) вычисление среднего арифметического каждой входной величины:

$$\tilde{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X'_{ij}}{n};$$

- 4) вычисление значения измеряемой величины:

$$\tilde{X} = f(\tilde{X}_1, \dots, \tilde{X}_m) - \Delta_{mem}.$$

При связанных входных величинах сначала вычисляют ряд $X'_{ij} = f(X'_{1j}, \dots, X'_{mj}) - \Delta_{mem}$, а затем $\tilde{X} = \sum X'_j / n$.

Процедура оценивания погрешности

- 1) вычисление оценок СКО

– входных величин:

$$S(\tilde{X}_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X'_{ij} - \tilde{X}_i)^2}{n(n-1)}};$$

– результата измерения:

$$S(X) = \sqrt{\sum_1^m \left[\frac{\partial f}{\partial X_i} S(\tilde{X}_i) \right]^2};$$

2) определение доверительных границ случайной составляющей погрешности:

$$\overset{\circ}{\Delta}_P = t_P(v) S(X),$$

$t_P(v)$ – квантиль распределения Стьюдента для заданной P_δ при числе степеней свободы $v = n - 1$.

3) вычисление границ и СКО неисключенной систематической составляющей погрешности:

$$\Delta_{hc} = k \sqrt{\sum_1^m \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \Delta_{hci} \right)^2}, \quad S_{hc} = \frac{\Delta_{hc}}{\sqrt{3} k},$$

$k = 1,1$ при $P_\delta = 0,95$;

Δ_{hci} определяется по имеющейся информации;

4) вычисление СКО суммарной погрешности:

$$S_\Sigma = \sqrt{S^2 + S_{hc}^2};$$

5) оценка погрешности измерения

– если $\Delta_{hc}/S(X) < 0,8$, то $\overset{\circ}{\Delta}_P = \overset{\circ}{\Delta}_P$;

– если $\Delta_{hc}/S(X) > 8$, то $\overset{\circ}{\Delta}_P = \Delta_{hc}$;

– если $0,8 \leq \Delta_{hc}/S(X) \leq 8$, то $\overset{\circ}{\Delta}_P = \frac{\overset{\circ}{\Delta}_P + \Delta_{hc}}{S(X) + S_{hc}} S_\Sigma$.

6) интерпретация полученных результатов:

- интервал $(\tilde{X} - \Delta_P, \tilde{X} + \Delta_P)$ с вероятностью P_δ содержит истинное значение измеряемой величины.

Оценивание погрешности при однократных измерениях

1) **прямые измерения** ($i = 1, j = 1$)

$$X = \tilde{X} \pm \Delta_P$$

$$\tilde{X} = X_{uzm} - \Delta_c; \quad \Delta_P = \Delta_{\max},$$

(Δ_{\max} находится через класс точности прибора).

Пример 1: $U_{h1} = 150$ В, $K_1 = 1,0$; $U_{h2} = 200$ В, $K_2 = 1,0/0,5$. Запишите результаты измерения

напряжения при показаниях вольтметров $U_{изм} = 75 \text{ В}$.

Решение:

$$\Delta_{\max 1} = \frac{K_1 U_{H1}}{100\%} = \frac{1,0 \cdot 150}{100} = 1,5 \text{ В};$$

$$U = 75,0 \pm 1,5 \text{ В}.$$

$$2) \quad \delta_{\max 2} = c + d \left(\frac{U_{H2}}{U} - 1 \right) = 1,0 + 0,5 \left(\frac{200}{75} - 1 \right) = 1,8 \%$$

косвенные измерения

$$; \\ (i = 1, 2, \dots, m, \quad U = 75,0 \pm 1,4 \text{ В}. \\ j =$$

$$X = \tilde{X} \pm \Delta_P$$

$$\tilde{X} = f(\tilde{X}_1 \dots \tilde{X}_m) - \Delta_{mem}.$$

$$\Delta_P = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \Delta_{\max i} \right)^2};$$

- если $X = \sum X_i$, то $\Delta_P = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{\max i}^2}$;

- если $X = \frac{X_1 \dots X_\ell}{X_{\ell+1} \dots X_m}$, то

$$\delta(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \delta_{\max i}^2}; \quad \Delta_P = \frac{\delta(X)X}{100\%};$$

- если $X = kY$, то $\Delta(X) = k\Delta(Y)_{\max}$;
- если $X = Y^n$, то $\Delta(X) = n\delta(Y)_{\max}$,

$$\Delta(X) = nY^{n-1}\Delta(Y)_{\max}$$

(Δ_{\max} и δ_{\max} вычисляются через класс точности).

Пример 2: Мощность симметричной трехфазной нагрузки измеряется одним ваттметром. Определите результат измерения, если показание ваттметра 600 Вт, предел измерения 750 Вт, класс точности 0,5.

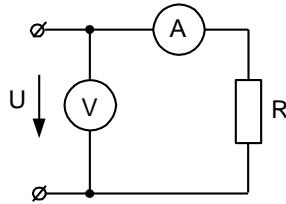
Решение: $P = \tilde{P} \pm \Delta_P; \quad \tilde{P} = 3P_\phi = 1800 \text{ Вт};$

$$\Delta_{\max} = \frac{KP_h}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 750}{100} = 3,75 \text{ Вт}; \quad \Delta_P = 3\Delta_{\max} = 11 \text{ Вт};$$

Результат измерения: $P = 1800 \pm 11 \text{ Вт}.$

Пример 3:

Найдите результат измерения сопротивления в схеме при показаниях приборов $U_{изм} = 100B$, $I_{изм} = 1A$, если $U_h = 200B$, $K_V = 1,0/0,5$, $R_V = 10 k\Omega$; $I_h = 2A$, $K_A = 1,0$, $R_A = 1 \Omega$.



Решение: $\Delta_{mem} = R_A = 1 \Omega$;

$$\tilde{R} = \frac{U_{изм}}{I_{изм}} - \Delta_{mem} = \frac{100}{1} - 1 = 99 \Omega;$$

$$\delta_I = \frac{K_1 I_h}{I_{изм}} = \frac{1,0 \cdot 2}{1} = 2,0\%; \quad \delta_U = c + d \left(\frac{U_h}{U} - 1 \right) = 1,0 + 0,5 \left(\frac{200}{100} - 1 \right) = 1,5\%;$$

$$\delta_R = \sqrt{\delta_U^2 + \delta_I^2} = \sqrt{1,5^2 + 2,0^2} = 2,5\%;$$

$$\Delta R = \frac{\delta_R R_N}{100\%} = \frac{2,5 \cdot 99}{100} = 2,5 \Omega;$$

Результат измерения: $R = 99,0 \pm 2,5 \Omega$.

Пример 4:

Переменная составляющая несинусоидального напряжения определяется по показаниям электромагнитного и магнитоэлектрического вольтметров: 50 В и 40 В соответственно. Найдите результат измерения при условиях: $U_{h1} = 100B$, $K_1 = 0,5$; $U_{h2} = 50 B$, $K_2 = 0,5$.

Решение:

$$\tilde{U}_\sim = \sqrt{U^2 - U_0^2} = \sqrt{50^2 - 40^2} = 30 B;$$

$$\Delta_{U_{max}} = \frac{K_1 U_{h1}}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 100}{100} = 0,5 B; \quad \Delta_{U_0_{max}} = \frac{K_2 U_{h2}}{100\%} = \frac{0,5 \cdot 50}{100\%} = 0,25 B;$$

$$\Delta_P = \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial U_\sim} \Delta_{U_{max}} \right)^2 + \left(\frac{\partial U_0}{\partial U_\sim} \Delta_{U_0_{max}} \right)^2} = \sqrt{\frac{U^2 \Delta_{U_{max}}^2 + U_0^2 \Delta_{U_0_{max}}^2}{U^2 - U_0^2}} = \sqrt{\frac{(50 \cdot 0,5)^2 + (40 \cdot 0,25)^2}{50^2 - 40^2}} = 1,6 B;$$

Результат измерения: $U_\sim = 30,0 \pm 1,6 B$.

Практическое занятие № ПЗ-13(2 часа).

Тема: «Выявление и исключение промахов из серии измерений»

Цель работы:

1. Изучить методику выявления и исключения промахов из серии измерений.
2. Решить задачи по выявлению промахов.

Задачи работы: приобрести опыт в оценивании погрешностей при измерениях

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

Описание (ход) работы:

Общие положения

Выявление и исключение промахов из серии измерений

Если серия из небольшого числа измерений содержит грубую погрешность - промах, то наличие этого промаха может сильно искажить как среднее значение измеряемой величины, так и границы доверительного интервала. Поэтому из окончательного результата необходимо исключить этот промах. Обычно промах имеет резко отличающееся от других измерений значение. Однако это отклонение от значений других измерений не дает еще права исключить это измерение как промах, пока не проверено, не является ли это отклонение следствием статистического разброса.

В табл. 1 приведены значения v_{max} - максимально возможные значения $v_{(n)}$, возникающие вследствие статистического разброса, соответствующие заданной надежности α .

Таблица 1

n	$\alpha = 0.90$ $\beta = 0.10$	$\alpha = 0.95$ $\beta = 0.05$	$\alpha = 0.99$ $\beta = 0.01$
3	1.41	1.41	1.41
4	1.64	1.69	1.72
5	1.79	1.87	1.96
6	1.89	2.00	2.13
7	1.97	2.09	2.26
8	2.04	2.17	2.37
9	2.10	2.24	2.46
10	2.15	2.29	2.54

Как видно из табл. 1 значения v_{max} возрастают с увеличением надежности α , т.е. с уменьшением β , и с увеличением числа измерений n . Это означает, что вероятность появления больших отклонений, возникающих вследствие статистического разброса, растет при увеличении числа измерений.

Если резко выделяющееся значение измерения $a_{(n)}$, полученное в серии из n измерений, соответствует величине $v_{(n)} > v_{max}$ при заданном значении надежности $\alpha = 1 - \beta$, то это означает, что данное значение $a_{(n)}$ не совместимо с исходным предположением о нормальном законе распределения и его можно рассматривать как промах. Это измерение следует исключить из серии n измерений и определить новые значения \bar{a} и Δa для серии из оставшихся $n - 1$ измерений.

Если же величина $v_{(n)}$, соответствующая значению $a_{(n)}$, меньше v_{max} для этого же числа n при заданной надежности α , то это резко выделяющееся измерение $a_{(n)}$ является следствием статистического разброса и нет оснований считать его промахом.

Приведем пример применения табл. 1. Пусть при измерении длины стержня штангенциркулем были получены следующие значения, приведенные во втором столбце табл. 2.

Таблица 2

i	$l_i, \text{мм}$	$l_i - l_0, \text{мм}$	$(l_i - l_0)^2$

			ММ
1	153,4	-1,6	2,56
2	154,6	-0,4	0,16
3	154,7	-0,3	0,09
4	155,0	0	0
5	164,3	+9,3	86,49
6	154,5	-0,5	0,25
Сумма		+6,5	89,55

Возьмем $l_0 = 155,0$ мм и вычислим величины $l_i - l_0$ и $(l_i - l_0)^2$. (Эти значения приведены соответственно в третьем и четвертом столбцах табл.2)

Тогда

$$l = l_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i - l_0 = 155,0 + \frac{6,5}{6} = 155,0 + 1,08 = 156,08 \text{ мм.}$$

Отсюда

$$l - l_0 = 1,08 \text{ мм.}$$

Проверим, не является ли значение $l_5 = 164,3$ мм, полученное при пятом измерении, промахом, так как оно сильно отличается от других значений. (Возможно, что это значение появилось вследствие ошибки экспериментатора при записи 164,3 мм вместо 154,3 мм). Для этой цели найдем величину $\frac{n-1}{n} \Delta S_n^2$:

$$\frac{n-1}{n} \Delta S_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (l_i - l)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(l_i - l)^2 - n(l_i - l_0)^2] = \frac{1}{6} [89,55 - 6 \cdot 1,08] = 14,925 - 1,166 = 13,76 \text{ мм}^2.$$

Отсюда

$$\sqrt{\frac{n-1}{n} \Delta S_n^2} = \sqrt{13,76} = 3,71 \text{ мм.}$$

Подсчитаем теперь величину $v_{(6)}$:

$$v_{(6)} = \frac{l_{(6)} - l_0}{\sqrt{\frac{n-1}{n} \Delta S_n^2}} = \frac{164,3 - 156,08}{3,71} = \frac{8,22}{3,71} = 2,22$$

$(l_{(6)})$ - наибольшее значение l_i в серии из шести измерений. В нашем случае $l_{(6)} = l_5$.

Из табл. 1 находим при $n = 6$ для надежности $\alpha = 0,95$ значение $v_{max} = 2,00$. Мы видим, что $v_{(6)} > v_{max}$

Это означает, что измерение $l_5 = 164,3$ мм является промахом и его следует исключить из серии измерений.

После исключения получаем, полагая $l_0 = 154,0$ мм, следующие данные (табл. 3)

Таблица 3

i	l_i , мм	$l_i - l_0$, мм	$(l_i - l_0)^2$, мм ²
1	153,4	-0,6	0,36
2	154,6	+0,6	0,36
3	154,7	+0,7	0,49
4	155,0	+1,0	1,00
5	154,5	+0,5	0,25
Сумма		+2,2	2,46

Отсюда получаем

$$l = l_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (l_i - l_0) = 154,0 + \frac{1}{5} \cdot 2,2 = 154,0 + 0,44 = 154,44 \text{ мм}$$

и

$$l - l_0 = 0,44 \text{ мм,}$$

$$\Delta S^2_1 = \frac{1}{n(n-1)} [\sum_{i=1}^n (li - l0)^2 - n(l - l0)^2] = \frac{1}{5*4} [2,46-5*0,44^2] = 0,123-0,048=0,075 \text{ мм}^2,$$

$$\Delta S_l = \sqrt{0,075} = 0,274 \text{ мм.}$$

Практическое занятие № ПЗ-14(2 часа).

Тема: «Выбор средств измерения»

Цель работы:

Задачи работы: приобрести опыт в выборе средств измерений

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

Описание (ход) работы:

Общие положения

При выборе средства измерения детали необходимо учитывать следующие факторы:

величину допуска на изготовление измеряемого размера; номинальный размер; допускаемую погрешность измерения этого размера; общий контур детали; способ производства при изготовлении данной детали; предельную (полную) погрешность измерения.

Для оценки пригодности выбранного средства измерения сопоставляют величину допускаемой погрешности измерения контролируемого размера, определенную по приложению 2, с предельной величиной погрешности измерения этим средством, установленной по приложению 3.

Если предельная погрешность измерения выбранным средством не превышает допускаемой погрешности измерения при оценке годности измеряемого размера, то данное средство можно применить для измерения.

Погрешность средства измерения - это разность между показанием данного средства измерения и действительным размером измеренной величины.

Порядок действия при выборе средства измерения для линейных размеров:

1. Определяют по чертежу детали номинальный размер, величины предельных отклонений измеряемого элемента детали. Подсчитывают величину допуска размера в мкм.
2. Находят величину допускаемой погрешности измерения детали (приложение 2) по величине допуска и номинальному размеру.
3. Выбирают средство измерения по таблицам предельных погрешностей измерения (по приложению 3) и записывают его наименование, диапазон измерения, цену деления шкалы и величину предельной погрешности измерения этим средством.
4. Сопоставляют величины предельной и допускаемой погрешностей измерения и решают вопрос о пригодности выбранного средства измерения в данных условиях производства.

Содержание работы

1. Для размеров заданного соединения (приложение 1) определить значение элементов, характеризующих их точность, и записать их в табл. 1

- по таблицам ГОСТ 25347-82 определить значение предельных отклонений.
- величину допуска определить по формулам:

$TD = ES - EI$, для отверстия

(1)

где ES и EI - верхнее и нижнее отклонения отверстия

$Td = es - ei$, для валов

(2)

где es и ei - верхнее и нижнее отклонения вала

2. По таблице ГОСТ 8.051 - 81 (приложение 2) установить значение допускаемой погрешности измерения для отверстия и вала и записать их в таблицу 1.

4. Выбрать средство измерения по таблицам предельных погрешностей измерения (по приложению 3), чтобы при этом выполнялось условие:

$$\pm \Delta l_{irn} < 8,$$

(3)

где $\pm \Delta l_{irn}$ - предельная погрешность измерения выбранного средства, мкм;

8 - допускаемая погрешность измерения, мкм

5. Выбранные измерительные средства и их характеристики записать в таблицу 2.

6. Сделать вывод о пригодности выбранных средств измерения.

Деталь	Условное обозначение размера	Размер с отклонениями, мм	Величина допуска, мкм	Допускаемая погрешность измерения 8, мкм
отверстие				
вал				

Таблица 1- Параметры деталей

Таблица 2- Характеристика выбранных СИ

Деталь	Наименование измерительного средства	Пределы измерения, мм	Точность отсчета (цена деления), мм	Предельная погрешность ($\pm Alim$), мкм
Отверстие				
Вал				

Наименование прибора	Настроенные по концевым мерам класса точности	Интервалы размеров, мм					
		1-10	10-50-	50-80	80- 120	120- 180	180- 260
		значения $\pm A_{lim}$ МКМ					
Рычажная скоба с ценой деления 0,002 мм	2 3	3 3	3 3,5	3,5 4,0	3,5 4,5	6	-
Микрометр 0-го класса	-	4,5	5,5	6.0	7	8	-
Микрометр 1-го класса	-	7	8	9	10	72	-
Микрометр 2-го класса	-	12	13	14	15	78	-
Штихмасс 1-го класса (микрометрический нутромер)	-	-	i	18	20	22	24
Штангенциркуль с отсчетом 0,02 мм	c	-	-	-	-	-	-
- при измерении вала	-	40	40	45	45	45	50
- при измерении отверстия	-	-	50	60	60	65	65
Штангенциркуль с отсчетом 0,05 мм	c	-	-	-	-	-	-
- при измерении вала	-	80	80	90	100	100	100
- при измерении отверстия	-	-	100	130	130	150	150

Практическое занятие № ПЗ-15(2 часа).

Тема: «Метрологическая аттестация средств измерения»

Цель работы:

1. Изучить основные положения метрологической аттестации средств измерений
2. Изучить правила проведения поверки СИ.
3. Изучить правила проведения калибровки СИ.
4. Ответить на вопросы преподавателя по данной тематике.

Задачи работы: приобрести практические навыки аттестации средств измерений

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

Описание (ход) работы:

Общие положения

Государственный метрологический контроль и надзор (ГМКиН) обеспечивается Государственной метрологической службой для проверки соответствия нормам законодательной метрологии, утвержденным Законом РФ «Об обеспечении единства измерений», государственными стандартами и другими нормативными документами.

Государственный метрологический контроль и надзор распространяется на:

- 1) средства измерений;
- 2) эталоны величин;
- 3) методы проведения измерений;
- 4) качество товаров и другие объекты, утвержденные законодательной метрологией.

Область применения Государственного метрологического контроля и надзора распространяется на:

- 1) здравоохранение;
- 2) ветеринарную практику;
- 3) охрану окружающей среды;
- 4) торговлю;
- 5) расчеты между экономическими агентами;
- 6) учетные операции, осуществляемые государством;
- 7) обороноспособность государства;
- 8) геодезические работы;
- 9) гидрометеорологические работы;
- 10) банковские операции;
- 11) налоговые операции;
- 12) таможенные операции;
- 13) почтовые операции;
- 14) продукцию, поставки которой осуществляются по государственным контрактам;
- 15) проверку и контроль качества продукции на выполнение обязательных требований государственных стандартов Российской Федерации;
- 16) измерения, которые осуществляются по запросам судебных органов, прокуратуры и других государственных органов;
- 17) регистрацию спортивных рекордов государственного и международного масштабов.

Необходимо отметить, что неточность и недостоверность измерений в непроизводственных сферах, таких как здравоохранение, могут повлечь за собой серьезные последствия и угрозу безопасности. Неточность и недостоверность измерений в сфере торговых и банковских операций, например, могут вызвать огромные финансовые потери как отдельных граждан, так и государства.

Объектами Государственного метрологического контроля и надзора могут являться, например, следующие средства измерений:

- 1) приборы для измерения кровяного давления;
- 2) медицинские термометры;
- 3) приборы для определения уровня радиации;
- 4) устройства для определения концентрации окиси углерода в выхлопных газах автомобилей;
- 5) средства измерений, предназначенные для контроля качества товара.

В Законе Российской Федерации установлено три вида государственного метрологического контроля и три вида государственного метрологического надзора.

Виды государственного метрологического контроля:

- 1) определение типа средств измерений;
- 2) поверка средств измерений;
- 3) лицензирование юридических и физических лиц, занимающихся производством и ремонтом средств измерений. Виды государственного метрологического надзора:

Виды государственного метрологического надзора:

- 1) за изготовлением, состоянием и эксплуатацией средств измерений, аттестованными методами выполнения измерений, эталонами единиц физических величин, выполнением метрологических правил и норм;

- 2) за количеством товаров, которые отчуждаются в процессе торговых операций;
- 3) за количеством товаров, расфасованных в упаковки любого вида, в процессе их фасовки и продажи.

Проверка средств измерений - совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным техническим требованиям.

Существуют следующие виды поверок:

Первичная поверка - проводится для средств измерений утвержденных типов при выпуске их из производства, после ремонта, при ввозе из-за границы. При утверждении типа средств измерений единичного производства на каждое из них оформляется сертификат об утверждении типа; первичную поверку данные средства измерений не проходят.

Периодическую поверку проводят для средств измерений, находящихся в эксплуатации, через определённые межповерочные интервалы. Необходимость поверки обусловлена возможностью утраты измерительным средством метрологических показателей из-за временных и других воздействий.

Внеочередную поверку проводят: при необходимости подтверждения пригодности средства измерений к применению; в случае применения средства измерений, в качестве комплектующего по истечении половины межповерочного интервала; в случае повреждения клейма или утери свидетельства о поверке; при вводе в эксплуатацию после длительной консервации (более одного межповерочного интервала); при отправке средств измерений потребителю после истечения половины межповерочного интервала.

Экспертную поверку проводят при возникновении разногласий по вопросам, относящимся к метрологическим характеристикам, исправности средств измерений и пригодности их к применению.

Инспекционную поверку выполняют в рамках государственного надзора или ведомственного контроля, для контроля качества первичных или периодических поверок и определения пригодности средств измерений к применению.

Калибровка средства измерений - это совокупность операций, выполняемых калибровочной лабораторией с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности средства измерений к применению в сферах, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору в соответствии с установленными требованиями.

Методы поверки (калибровки) и поверочные схемы. Допускается применение четырех методов поверки (калибровки) средств измерений: непосредственное сличение с эталоном; сличение с помощью компаратора; прямые измерения величины; косвенные измерения величины.

Метод непосредственного сличения поверяемого (калибруемого) средства измерения с эталоном соответствующего разряда широко применяется для различных средств измерений в таких областях, как электрические и магнитные измерения, для определения напряжения, частоты и силы тока. В основе метода лежит проведение одновременных измерений одной и той же физической величины поверяемым (калибруемым) и эталонным приборами. Достоинства этого метода в его простоте, наглядности, возможности применения автоматической поверки (калибровки), отсутствии

потребности в сложном оборудовании.

Метод сличения с помощью компаратора основан на использовании прибора сравнения, с помощью которого сличаются поверяемое (калибруемое) и эталонное средства измерения. Достоинством данного метода специалисты считают последовательное во времени сравнение двух величин.

Метод прямых измерений применяют, когда имеется возможность сличить испытуемый прибор с эталонным в определенных пределах измерений. В целом этот метод аналогичен методу непосредственного сличения, но методом прямых измерений производится сличение на всех числовых отметках каждого диапазона (и поддиапазонов, если они имеются в приборе). Метод прямых измерений применяют, например, для поверки или калибровки вольтметров постоянного электрического тока.

Метод косвенных измерений используется, когда действительные значения измеряемых величин невозможно определить прямыми измерениями либо когда косвенные измерения оказываются более точными, чем прямые. Этим методом определяют вначале не искомую характеристику, а другие, связанные с ней определенной зависимостью. Искомую характеристику рассчитывают.

Для обеспечения правильной передачи размеров единиц измерения от эталона к рабочим средствам измерения составляют поверочные схемы, устанавливающие метрологические соподчинения государственного эталона, разрядных эталонов и рабочих средств измерений.

Схемы передачи информации о размерах единиц при их централизованном воспроизведении называют поверочными.

Поверочная схема - это утверждённый в установленном порядке документ, регламентирующий средства, методы и точность передачи размера единицы физической величины от государственного эталона или исходного образцового средства измерений рабочим средствам измерений.

Поверочная схема может быть: государственной и локальной.

Государственная поверочная схема устанавливает передачу информации о размере единицы в масштабах страны. Она возглавляется государственными или специальными эталонами.

Локальные поверочные схемы в отличие от государственных поверочных разрабатываются метрологическими службами предприятия и организации.

Рассмотрим в общем виде содержание государственной поверочной схемы. Наименование эталонов и рабочих средств измерений обычно располагают в прямоугольниках (для государственного эталона прямоугольник двухконтурный). Здесь же указывают метрологические характеристики для данной ступени схемы. В нижней части схемы расположены рабочие средства измерений, которые в зависимости от их степени точности (т.е. погрешности измерений) подразделяют на пять категорий: наивысшей, высшей, высокой, средней, низшей. Наивысшая точность обычно соизмерима со степенью погрешности средства измерения государственного эталона. В каждой ступени поверочной схемы регламентируется порядок (метод) передачи размера единицы. Наименования методов поверки (калибровки) располагаются в овалах, в которых также указывается допускаемая погрешность метода поверки (калибровки).

Практическое занятие № ПЗ-16(2 часа).

Тема: «Структура метрологического обеспечения единства измерений»

Цель работы:

1. Изучить организационные, научные основы метрологического обеспечения.
2. Изучить структуру метрологических служб и организаций.
3. Изучить функции национального органа РФ по метрологии.
4. Ответить на вопросы по данной тематики.

1.1 Задачи работы: ознакомиться с нормативными требованиями по структуре метрологического обеспечения

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

1.3 Описание (ход) работы:

Общие положения

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.

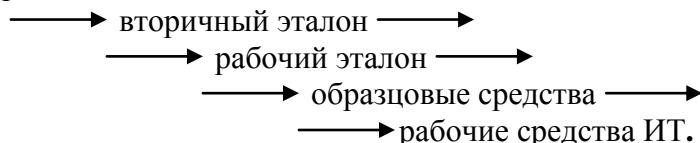
Основные положения ГСИ:

- 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:
государственный эталон →



Организационные, научные основы метрологического обеспечения предприятий.

Под метрологическим обеспечением (МО) понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Основной тенденцией в развитии МО является переход от существовавшей ранее сравнительно узкой задачи обеспечения единства и требуемой точности измерений к принципиально новой задаче обеспечения качества измерений. Качество измерений – понятие более широкое, чем точность измерений. Оно характеризует совокупность свойств СИ, обеспечивающих получение в установленный срок результатов измерений с требуемой точностью (размером допускаемых погрешностей), достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью.

Понятие «метрологическое обеспечение» применяется, как правило, по отношению к измерениям (испытанию, контролю) в целом. В то же время допускают использование термина «метрологическое обеспечение технологического процесса (производства, организации)», подразумевая при этом МО измерений (испытаний или контроля) в данном процессе, производстве, организации.

Объектом МО являются все стадии жизненного цикла (ЖЦ) изделия (продукции) или услуги. Под ЖЦ понимается совокупность последовательных взаимосвязанных процессов создания и изменения состояния продукции от формулирования исходных требований к ней до окончания эксплуатации или потребления.

Так, на стадии разработки продукции для достижения высокого качества изделия производится выбор контролируемых параметров, норм точности, допусков, средств измерения, контроля и испытания. Так же осуществляется метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации.

При разработке МО необходимо использовать системный подход, суть которого состоит в рассмотрении указанного обеспечения как совокупности взаимосвязанных процессов, объединённых одной целью- достижением требуемого качества измерений.

Такими процессами являются:

- установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений при контроле качества продукции и управлении процессами;
- технико-экономическое обоснование и выбор СИ, испытаний и контроля и установление их рациональной номенклатуры;
- стандартизация, унификация и агрегатирование используемой контрольно-измерительной техники;
- разработка, внедрение и аттестация современных методик выполнения измерения, испытаний и контроля (МВИ);
- поверка, метрологическая аттестация и калибровка контрольно-измерительного и испытательного оборудования (КИО), применяемого на предприятии;
- контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом КИО, а также за соблюдением метрологических правил и норм на предприятии;
- участие в разработке и внедрении стандартов предприятия;
- внедрение международных, государственных и отраслевых стандартов, а также иных нормативных документов Госстандарта;
- проведение метрологической экспертизы проектов нормативной, конструкторской и технологической документации;
- проведение анализа состояния измерений, разработка на его основе и осуществление мероприятий по совершенствованию МО;
- подготовка работников соответствующих служб и подразделений предприятия к выполнению контрольно-измерительных операций.

Метрологическое обеспечение имеет четыре основы: научную, организационную, нормативную и техническую. Отдельные аспекты МО рассмотрены в рекомендации МИ 2500-98 по метрологическому обеспечению малых предприятий. Разработка и проведение мероприятий МО возложено на метрологические службы (МС). Метрологическая служба-служба, создаваемая в соответствии с законодательством для выполнения работ по обеспечению единства измерений и осуществления метрологического контроля и надзора.

Национальный орган РФ по метрологии.

Национальный орган по метрологии – это Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ), которое входит в систему федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации и находится в ведении Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации; образовано в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 20 мая 2004 г. №649 «Вопросы структуры федеральных органов исполнительной власти».

РОССТАНДАРТ является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в сфере технического регулирования и метрологии. Оно

осуществляет лицензирование деятельности по изготовлению и ремонту средств измерений, а также функции по государственному метрологическому контролю и надзору, а также контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов и технических регламентов.

РОССТАНДАРТ осуществляет свою деятельность непосредственно через свои территориальные органы и через подведомственные организации .

РОССТАНДАРТ осуществляет руководство Государственной метрологической службой(ГМС), которая несёт ответственность за метрологическое обеспечение измерений в стране на межотраслевом уровне, и государственный метрологический контроль и надзор.

В состав ГМС входят:

Государственные научные метрологические центры(ГНМЦ), метрологические научно-исследовательские институты, несущие в соответствии с законодательством ответственность за создание, хранение и применение государственных эталонов, а также за разработку нормативных документов по обеспечению единства измерений в закреплённом виде измерений.

Основная деятельность органов ГМС направлена на обеспечение единства измерений в стране. Она включает создание государственных и вторичных эталонов, разработку систем передачи размеров единиц ФВ рабочим СИ, государственный надзор за производством, состоянием, применением, ремонтом СИ, метрологическую экспертизу документации и важнейших видов продукции, методическое руководство МС юридических лиц;

Органы Государственной метрологической службы на территории республик в составе Российской Федерации, автономной области, автономных округов, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга.

ГМС взаимодействует с другими государственными службами по обеспечению единства измерений, а именно:

Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли(ГСВЧ)- сеть организаций, ответственных за воспроизведение и хранение единиц времени и частоты и передачу их размеров, а также за обеспечение потребителей в народном хозяйстве информацией о точном времени, за выполнение измерений времени и частоты в установленных единицах и шкалах;

Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов(ГССО)- сеть организаций, ответственных за создание и внедрение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов с целью обеспечения единства измерений;

Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов(ГСССД)-сеть организаций, ответственных за получение и информационное обеспечение заинтересованных лиц данными о физических константах и свойствах веществ и материалов, основанных на исследованиях и высокочастотных измерениях.

Практическое занятие № ПЗ-1(2 часа).

Тема: «Изучение закона «Об обеспечении единства измерения»»

Цель работы

1. Изучить основные положения закона «Об обеспечении единства измерения».
2. Ответить на вопросы по данной тематики.

Задачи работы:ознакомиться с нормативными документами единства измерений

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

Описание (ход) работы:

Общие положения

В 1993 г. принят Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». До того, по существу, не было законодательных норм в области метрологии. Правовые нормы устанавливались постановлением Правительства (№ 273 от 04.04.83), и действовала централизованная система управления государственными и ведомственными метрологическими службами. По сравнению с положениями этих постановлений Закон установил немало нововведений – от терминологии до лицензирования метрологической деятельности в стране.

Рассмотрим основные положения Закона «Об обеспечении единства измерений».

Цели Закона состоят в следующем:

- защита прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики Российской Федерации от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;
- содействие научно-техническому и экономическому прогрессу на основе применения государственных эталонов единиц величин и использования результатов измерений гарантированной точности, выраженных в допускаемых к применению в стране единицах;
- создание благоприятных условий для развития международных и межфирменных связей;
- регулирование отношений государственных органов управления РФ с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений;
- адаптация российской системы измерений к мировой практике.

Основные статьи Закона устанавливают:

- организационную структуру государственного управления обеспечением единства измерений;
- нормативные документы по обеспечению единства измерений;
- единицы величин и государственные эталоны единиц величин;
- средства и методики измерений.

Закон «Об обеспечении единства измерений» укрепляет правовую базу для международного сотрудничества в области метрологии, принципами которого являются:

- поддержка приоритетов международных договорных обязательств;
- содействие процессам присоединения России к ВТО;
- сохранение авторитета российской метрологической школы в международных организациях;
- создание условия для взаимного признания результатов испытаний, поверок и калибровок в целях устранения технических барьеров в двухсторонних и многосторонних внешнеэкономических отношениях.