Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**"Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)"**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

_____Козорез Д.А.

28 июня 2021 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000154587)

Метрология, стандартизация и сертификация

(указывается наименование дисциплины по учебному плану)

**Направление подготовки** 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

**Квалификация выпускника** Бакалавр

**Профиль подготовки** Технология производства авиационных ГТД

**Форма обучения** очная

(очно, очно-заочное, заочное)

**Выпускающая кафедра** ТПАД

**Обеспечивающая кафедра** ТПАД

**Кафедра-разработчик рабочей программы** ТПАД

| Семестр | З.Е. | Трудоемкость, час. | Лекций, час. | Практич. занятий, час. | Лаборат. работ, час. | СРС, час | Экзаме-нов, час. | Форма промежуточного контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 3 | 108 | 24 | 14 | 12 | 22 | 36 | Э |
| **Итого** | **3** | **108** | **24** | **14** | **12** | **22** | **36** | |

**Москва**

2021

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Разделы рабочей программы**

1. Цели освоения дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

Приложение 1. Аннотация рабочей программы
Приложение 2. Прикрепленные файлы

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО (3++) по направлению 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

---

Авторы программы:

Бабин С.В. _____

Заведующий обеспечивающей кафедрой ТПАД _____

Программа одобрена:

Заведующий выпускающей кафедрой ТПАД

Директор выпускающего филиала СТ

_____ _____

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.

Целью освоения дисциплины Метрология, стандартизация и сертификация является достижение следующих результатов освоения(РО):

| N | Шифр | Результат обучения |
|---|---|---|
| 1 | В-10(ОПК-2.3) | Владеть методиками расчета достижения заданной точности при производстве деталей и сборочных единиц ДЛА, разработкой маршрутных и операционных карт, проектирования специальных станочных приспособлений |
| 2 | З-2(ОПК-3.1) | Знать методики экспериментального исследования механизмов и пользования измерительной техникой для определения кинематических и динамических параметров машин и механизмов |
| 3 | У-3(ОПК-3.2) | Уметь применять современные методы измерения для решения практических задач |
| 4 | В-7(ОПК-3.2) | Владеть современными методами обработки результатов измерений |
| 5 | З-1(ОПК-5.1) | Знать нормы точности на основные типовые соединения изделий области машиностроения |
| 6 | У-2(ОПК-5.1) | Уметь пользоваться справочным материалом, стандартами и другой нормативно-технической документацией в области машиностроения |
| 7 | З-1(ОПК-9.1) | Знать современные методы измерений, испытаний и средств контроля качества двигателей летательных аппаратов |
| 8 | З-2(ОПК-9.1) | Знать способы оценки точности (неопределенности) измерений и достоверности контроля испытаний |
| 9 | В-1(ОПК-9.2) | Владеть навыками оформления результатов измерений, анализа и принятия соответствующих решений при испытаниях |
| 10 | В-2(ОПК-9.2) | Владеть навыками обработки экспериментальных данных и оценки точности (неопределенности) измерений, испытаний и достоверности контроля |
| 11 | З-1(ДПК-8.1) | Знать основы сертификации продукции |
| 12 | В-1(ДПК-8.1) | Владеет методами технических измерений физических величин, контроля основных параметров функционирования изделий |
| 13 | З-2(ДПК-8.2) | Знать порядок проведения сертификации продукции, услуг |
| 14 | В-1(ДПК-8.2) | Владеть методами и программами испытний при сертификации продукции |
| 15 | З-1(ДПК-8.3) | Знать формы обязательного и добровольного подтверждения соответствия, существующие системы и схемы сертификации |
| 16 | З-2(ДПК-8.3) | Знать особенности сертификации по стандарту ISO 9001 |
| 17 | З-1(ДПК-9.2) | Знать сущность и формы междисциплинарного подхода |

| | | |
|---|---|---|
| 18 | У-1(ПКР-13.1) | Уметь разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию ВРД, оформлять законченные проектно-конструкторские работы |
| 19 | У-2(ПКР-13.2) | Уметь разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию ГТД, оформлять законченные проектно-конструкторские работы |
| 20 | З-1(ПКР-19.2) | Знать требования отечественных и международных стандартов по обеспечению качества продукции авиастроительной отрасли |
| 21 | З-1(ПКР-23.1) | Знать номенклатуру показателей качества технологического оснащения и инструмента |
| 22 | З-2(ПКР-23.2) | Знать организацию обеспечения контроля качества технологических процессов и готовой продукции |
| 23 | В-2(ПКР-23.2) | Владеть навыками обеспечения производственного контроля технологических процессов и готовой продукции |

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

| N | Шифр | Компетенция |
|---|---|---|
| 1 | ДПК-8 | Способность принимать учсастие в проведении сертификации продукции, технологических процессов и услуг |
| 2 | ОПК-2 | Способен применять общеинженерные знания в профессиональной деятельности |
| 3 | ОПК-3 | Способен применять методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования в профессиональной деятельности |
| 4 | ОПК-5 | Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил |
| 5 | ОПК-9 | Способен принимать участие в проведении испытаний двигателей летательных аппаратов, их узлов и агрегатов |
| 6 | ДПК-9 | Способность использовать междисциплинарный подход к решению задач профессиональной деятельности |
| 7 | ПКР-13 | Способен участвовать в работах по проектированию и конструированию деталей, узлов ДЛА, разрабатывать проектную и техническую документацию при выполнении эскизных, проектов при проектировании элементов ДЛА |
| 8 | ПКР-19 | Способен к организации работ по повышению качества продукции авиастроительной отрасли |
| 9 | ПКР-23 | Способен разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартного оборудования и технологической оснастки, принимать участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, обеспечивать техническое оснащение рабочих мест, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий |

Индикаторы достижения компетенций, служащие для проверки сформированности части соответствующей компетенции:

| N | Шифр | Индикатор компетенций |
|---|---|---|
| 1 | ОПК-2.3 | Решает стандартные задачи профессиональной деятельности с применением общеинженерных знаний |
| 2 | ОПК-3.1 | Применяет методы математического анализа и моделирования для решения задач в профессиональной деятельности |
| 3 | ОПК-3.2 | Использует методы теоретического и экспериментального исследования для решения задач в профессиональной деятельности |
| 4 | ОПК-5.1 | Демонстрирует знания системы нормативно-технической документации, связанной с профессиональной деятельностью |
| 5 | ОПК-9.1 | Демонстрирует зания основных методов и средств испытаний и контроля качества двигателей летательных аппаратов, их узлов и агрегатов |
| 6 | ОПК-9.2 | Умеет проводить обработку экспериментальных данных при испытаниях двигателей летательных аппаратов, их узлов и агрегатов |
| 7 | ДПК-8.1 | Демонстрирует знание методов технических измерений физических величин, контроля основных параметров функционирования изделий |
| 8 | ДПК-8.2 | Принимает учсастие в проведении сертификации продукции технологических процессов в авиадвигателестроении |
| 9 | ДПК-8.3 | Демонстрирует знангия формы обязательного и добровольного подтверждения соответствия, существующие системы и схемы сертификации |
| 10 | ДПК-9.2 | Демонстрирует знание сущности и форм междисциплинарного подхода. |
| 11 | ПКР-13.1 | Демонстрирует знания методов и способов проектирования и конструирования деталей и узлов ВРД |
| 12 | ПКР-13.2 | Демонстрирует знания методов и способов проектирования и конструирования деталей и узлов ГТД |
| 13 | ПКР-19.2 | Участвует в разработке мероприятий по снижению уровня дефектности авиационной продукции |
| 14 | ПКР-23.1 | Разрабатывает технические задания и проектирует специальное технологическое оснащения и инструмент в ходе подготовки производства новой продукции, освоения новых производственных процессов и технологий |
| 15 | ПКР-23.2 | Принимает участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий |
| 16 | ПКР-13.1 | Демонстрирует знания методов и способов проектирования и конструирования деталей и узлов ВРД |
| 17 | ПКР-13.2 | Демонстрирует знания методов и способов проектирования и конструирования деталей и узлов ГТД |

| | | |
|---|---|---|
| 18 | ПКР-19.2 | Участвует в разработке мероприятий по снижению уровня дефектности авиационной продукции |
| 19 | ПКР-23.1 | Разрабатывает технические задания и проектирует специальное технологическое оснащения и инструмент в ходе подготовки производства новой продукции, освоения новых производственных процессов и технологий |
| 20 | ПКР-23.2 | Принимает участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Метрология, стандартизация и сертификация является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

| N | Предшествующие дисциплины | Последующие дисциплины |
|---|---|---|
| 1 | Инженерная графика | Итоговая гос. аттестация |
| 2 | Компьютерная графика | Детали машин и основы конструирования |
| 3 | Начертательная геометрия | Теоретические основы проектирования технологических процессов ДЛА |
| 4 | Материаловедение | Методы математического моделирования |
| 5 | Сопротивление материалов | Теплопередача |
| 6 | Механика жидкости и газа | Методы исследований и испытаний в авиаракетостроении (Технический контроль и измерения) |
| 7 | Технология конструкционных материалов | Конструкция летательных аппаратов |
| 8 | Учебная практика | Объекты промышленного производства |
| 9 | Химия | САПР ДЛА (Применение CAD-систем в проектировании двигателей ЛА) |
| 10 | Теоретическая механика | Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок |
| 11 | Теория механизмов и машин | Технология производства АД и ЭУ |
| 12 | Термодинамика | Преддипломная практика |
| 13 | Электротехника и электроника 1 | Теория резания и режущий инструмент |
| 14 | | Технологическая оснастка |
| 15 | | Автоматизация технологических процессов (Технические средства автоматизации ТП ДЛА) |

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость практики составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы), 108 часа(ов).

| Модуль | Раздел | Лекции | Практич. занятия | Лаборат. работы | СРС | Всего часов | Всего с экзаменами и курсовыми |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Метрология, стандартизация и сертификация | Основные положения метрологии, стандартизации и сертификации. | 4 | 0 | 0 | 1 | 5 | 108 |
| | Система допусков и посадок | 6 | 0 | 0 | 3 | 9 | |
| | Нормирование,стандартизация и контроль отклонений | 4 | 2 | 0 | 3 | 9 | |
| | Взаимозаменяемость и стандартизация | 2 | 4 | 0 | 2 | 8 | |
| | Средства измерения и контроля линейно-угловых величин. | 2 | 4 | 12 | 8 | 26 | |
| | Теория и расчѐт размерных цепей | 2 | 2 | 0 | 2 | 6 | |
| | Сертификация | 4 | 2 | 0 | 3 | 9 | |
| **Всего** | | **24** | **14** | **12** | **22** | **72** | **108** |

**3.1. Лекции**

| № п/п | Раздел дисциплины | Объем часов | Тема лекции |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.1.Основные положения метрологии, стандартизации и сертификации. | 2 | Основные задачи метрологии. Классификация методов и средств измерения. Понятие поверочной схемы. Виды и методы оценки погрешности измерения. |
| 2 | 1.1.Основные положения метрологии, стандартизации и сертификации. | 2 | Основные положения стандартизации и сертификации |
| 3 | 1.2.Система допусков и посадок | 2 | Виды и диапазоны размеров. Предельные отклонения |
| 4 | 1.2.Система допусков и посадок | 2 | Система допусков и посадок на линейные размеры |
| 5 | 1.2.Система допусков и посадок | 2 | Система допусков и посадок гладких цилиндрических соединений |
| 6 | 1.3.Нормирование,стандартизация и контроль отклонений | 2 | Нормирование и обозначение полей допусков. Классификация отклонений и видов геометрии |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 | 1.3.Нормирование,стандартизация и контроль отклонений | 2 | Контроль отклонений реальных поверхностей деталей машин |
| 8 | 1.4.Взаимозаменяемость и стандартизация | 2 | Взаимозаменяемость и стандартизация резьбовых, шпоночных и щлицевых соединений<br>Взаимозаменяемость и стандартизация зубчатых передач |
| 9 | 1.5.Средства измерения и контроля линейно-угловых величин. | 2 | Срдства измерения<br>Автоматизированные средства измерения<br>.Выбор средств измерения |
| 10 | 1.6.Теория и расчѐт размерных цепей | 2 | Классификация размерных цепей (РЦ) и их элементов.<br>Методы расчѐта размерных цепей |
| 11 | 1.7.Сертификация | 2 | Основы сертификации. Порядок и правила проведения сертификации |
| 12 | 1.7.Сертификация | 2 | Сетификационные испытания |
| **Итого:** | | **24** | |

### 3.2. Содержание лекций

**1.1.1. Основные задачи метрологии. Классификация методов и средств измерения. Понятие поверочной схемы. Виды и методы оценки погрешности измерения.**

**(АЗ: 2, СРС: 0,5)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Понятие измерения и контроля. Основные задачи метрологии. Эталоны основных единиц физических величин. Классификация методов и средств измерения. Понятие поверочной схемы. Виды и методы оценки погрешности измерения.

**1.1.2. Основные положения стандартизации и сертификации (АЗ: 2, СРС: 0,5)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Основные принципы стандартизации согласно закона «О техническом регулировании». Основные международные организации по стандартизации. Государственная система стандартизации. Состав. Функции структур. Методы стандартизации. Виды и категории стандартов. Системы стандартов.

**1.2.1. Виды и диапазоны размеров. Предельные отклонения (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Понятие номинального, действительного и предельных размеров. Ряды предпочтительных чисел. Предельные отклонения

**1.2.2. Система допусков и посадок на линейные размеры (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Схемы полей допусков для различных посадок. Области применения различных посадок.
Понятие и виды основного отклонения. Обозначение предельных отклонений и посадок на чертежах.

**1.2.3. Система допусков и посадок гладких цилиндрических соединений (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Понятие системы отверстия и системы вала. Случаи их применения. Определение квалитета. Система допусков и посадок ГЦС для ответственных и неответственных соединений. Понятие и виды основного отклонения. Обозначение предельных отклонений и посадок на
чертежах. Методы назначения посадок: метод аналогов и подобия и расчѐтно-аналитический.

**1.3.1. Нормирование и обозначение полей допусков. Классификация отклонений и видов геометрии (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Классификация отклонений и видов геометрии реальной поверхности. Стандартные отклонения формы и взаимного расположения поверхностей.
Стандартные отклонения расположения поверхностей.

**1.3.2. Контроль отклонений реальных поверхностей деталей машин (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Классификация отклонений и видов геометрии реальной поверхности. Стандартные отклонения формы и взаимного расположения поверхностей.
Стандартные отклонения расположения поверхностей. Суммарное отклонение допуска формы и расположения поверхностей (радиальные и торцевые биения). Зависимый и независимый допуск формы и расположения.

**1.4.1. Взаимозаменяемость и стандартизация резьбовых, шпоночных и щлицевых соединений**
**Взаимозаменяемость и стандартизация зубчатых передач (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Общие принципы обеспечения взаимозаменяемости цилиндрических резьб. Система допусков и посадок метрических резьб. Особенности стандартизации трапецеидальной и упорной резьб. Методы и средства контроля и измерения точности цилиндрических резьб. Нормирование точности и контроль шпоночных соединений. Допуски и посадки шлицевых соединений. Виды и особенности применения шлицевых соединений. Допуски и посадки шлицевых соединений с прямобочным и эвольвентным профилем зубьев. Особенности обозначения.
Контроль точности шлицевых соединений.

**1.5.1. Срдства измерения**
**Автоматизированные средства измерения .Выбор средств измерения (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Классификация средств измерения (СИ). Простейшие СИ линейно-угловых величин: штриховые и концевые меры, калибры. Стандартные механические, оптические, пневматические и другие СИ линейно-угловых величин: измерительные инструменты, индикаторы и головки, оптико-механические измерительные приборы, оптические приборы, пневматические приборы

Координатно-измерительные машины контактного и бесконтактного типов. Виды, особенности конструкции, технические характеристики, методика измерения. Электронные измерительные приборы. Выбор средств измерения.

**1.6.1. Классификация размерных цепей (РЦ) и их элементов.**
**Методы расчѐта размерных цепей**
**(АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Классификация размерных цепей (РЦ) и их элементов.

**1.7.1. Основы сертификации. Порядок и правила проведения сертификации (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**1.7.2. Сетификационные испытания (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Методы и программы испытаний. Сертификационные испытания. Сертификация производства

### 3.3. Практические занятия

| № п/п | Раздел дисциплины | Объем часов | Наименование практического занятия |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.3.Нормирование,стандартизация и контроль отклонений | 2 | Определение подлинности товара по штрих-коду международного стандарта EAN |
| 2 | 1.4.Взаимозаменяемость и стандартизация | 4 | Подбор стандартной посадки обеспечивающей полную взаимозаменяемость |
| 3 | 1.5.Средства измерения и контроля линейно-угловых величин. | 2 | Современные средства измерений |
| 4 | 1.5.Средства измерения и контроля линейно-угловых величин. | 2 | Контрольно-измерительные машины. Контроль наружных и внутренних линейных размеров при изготовлении деталей ЛА. |
| 5 | 1.6.Теория и расчѐт размерных цепей | 2 | Расчёт размерных цепей |
| 6 | 1.7.Сертификация | 2 | Процедуры сертификации |
| **Итого:** | | **14** | |

### 3.4. Содержание практических занятий

**1.3.1. Определение подлинности товара по штрих-коду международного стандарта EAN (АЗ: 2, СРС: 1)**
**Форма организации:** Практическое занятие

**1.4.1. Подбор стандартной посадки обеспечивающей полную взаимозаменяемость (АЗ: 4, СРС: 1)**
**Форма организации:** Практическое занятие

**1.5.1. Современные средства измерений (АЗ: 2, СРС: 1)**
**Форма организации:** Практическое занятие

**1.5.2. Контрольно-измерительные машины. Контроль наружных и внутренних линейных размеров при изготовлении деталей ЛА. (АЗ: 2, СРС: 1)**
**Форма организации:** Практическое занятие

**1.6.1. Расчёт размерных цепей (АЗ: 2, СРС: 1)**
**Форма организации:** Практическое занятие

**1.7.1. Процедуры сертификации (АЗ: 2, СРС: 1)**
**Форма организации:** Практическое занятие

### 3.5. Лабораторные работы

| № п/п | Раздел дисциплины | Объем часов | Наименование лабораторной работы | Наименование лаборатории |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.5.Средства измерения и контроля линейно-угловых величин. | 4 | Измерение отклонений расположения и формы поверхностей деталей. Рычажно- зубчатый индикатор, многооборотный индикатор и рычажная скоба | Лаборатория метрологии и технических измерений |
| 2 | 1.5.Средства измерения и контроля линейно-угловых величин. | 4 | Измерение шероховатости поверхности деталей после визуальной оценки. Профилометр, прибор светового сечения (двойной микроскоп) и микроинтерферометр | Лаборатория метрологии и технических измерений |
| 3 | 1.5.Средства измерения и контроля линейно-угловых величин. | 4 | Вертикальный оптиметр. Измерение гладкого калибра-пробки. Измерение угловых величин | Лаборатория метрологии и технических измерений |
| **Итого:** | | **12** | | |

### 3.6.Содержание лабораторных работ

**1.5.1. Измерение отклонений расположения и формы поверхностей деталей. Рычажно- зубчатый индикатор, многооборотный индикатор и рычажная скоба (АЗ: 4, СРС: 1)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

**1.5.2. Измерение шероховатости поверхности деталей после визуальной оценки. Профилометр, прибор светового сечения (двойной микроскоп) и микроинтерферометр (АЗ: 4, СРС: 1)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

**1.5.3. Вертикальный оптиметр.**
**Измерение гладкого калибра-пробки. Измерение угловых величин (АЗ: 4, СРС: 1)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

### 3.7. Курсовые работы и проекты по дисциплине

### 3.8. Промежуточная аттестация

1. Экзамен (5 семестр)

**Прикрепленные файлы:** Вопросы к промежуточной аттестации.docx, Вопросы к промежуточной аттестации.pdf

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Основная и дополнительная литература по дисциплине
2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
3. Ресурсы научно-технической библиотеки МАИ.
4. Информационные стенды кафедры.

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Описание показателей, критерии оценивания компетенций и описание шкал оценивания осуществляются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки результатов обучения студентов по дисциплине (Приказ №42 от 04.04.2014 «Об утверждении положения «Рейтинг по дисциплине»).

Для оценивания интегрированных и практико-ориентированных заданий обучающихся используются следующие критерии по 100-балльной шкале:

1. Формулирование представленной информации в виде проблемы;
2. Предложение способа решения проблемы;
3. Обоснование способа решения проблемы;
4. Демонстрация способа решения проблемы.

Оценивание осуществляется по следующей шкале:

| 100-балльная шкала | Результат освоения |
|---|---|
| менее 40 | Критерий не сформирован |
| 41-70 | Критерий четко не выражен |
| 71-100 | Критерий выражен четко |

Для оценивания ситуационных заданий используется следующая шкала:

| 100-балльная шкала | Результат освоения |
|---|---|
| менее 30 | обучающийся не может сформулировать проблему, представленную в задании |
| 31-50 | обучающийся формулирует поставленную задачу, у него сформированы изолированные знания и умения, однако отсутствуют интегрированные понятия и навыки, в результате чего допущены ошибки в решении и задание не выполнено |
| 51-80 | задание выполнено, обучающийся применяет знания для решения поставленной проблемы, однако не сформированы компетенции, вследствие чего обучающийся испытывает затруднения в демонстрации способов решения задачи |

| | |
|---|---|
| 81-100 | задание выполнено как в теоретическом, так и в практическом плане, обучающийся легко демонстрирует свою компетентность по данному вопросу |

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения, включают в себя:

• вопросы к промежуточной аттестации.

Перечень компетенций и этапы их формирования приведены в следующей таблице:

| N | Шифр | Компетенция | Этапы формирования компетенции |
|---|---|---|---|
| 1 | ДПК-8 | Способность принимать учсастие в проведении сертификации продукции, технологических процессов и услуг | Знать основы сертификации продукции<br>Владеет методами технических измерений физических величин, контроля основных параметров функционирования изделий<br>Знать порядок проведения сертификации продукции, услуг<br>Владеть методами и программами испытний при сертификации продукции<br>Знать формы обязательного и добровольного подтверждения соответствия, существующие системы и схемы сертификации<br>Знать особенности сертификации по стандарту ISO 9001 Семестр - 5 |
| 2 | ОПК-2 | Способен применять общеинженерные знания в профессиональной деятельности | Владеть методиками расчета достижения заданной точности при производстве деталей и сборочных единиц ДЛА, разработкой маршрутных и операционных карт, проектирования специальных станочных приспособлений<br>Семестр - 5 |
| 3 | ОПК-3 | Способен применять методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования в профессиональной деятельности | Знать методики экспериментального исследования механизмов и пользования измерительной техникой для определения кинематических и динамических параметров машин и механизмов<br>Уметь применять современные методы измерения для решения практических задач<br>Владеть современными методами обработки результатов измерений<br>Семестр - 5 |
| 4 | ОПК-5 | Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил | Семестр - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 | ОПК-9 | Способен принимать участие в проведении испытаний двигателей летательных аппаратов, их узлов и агрегатов | Знать современные методы измерений, испытаний и средств контроля качества двигателей летательных аппаратов<br>Знать способы оценки точности (неопределенности) измерений и достоверности контроля испытаний<br>Владеть навыками оформления результатов измерений, анализа и принятия соответствующих решений при испытаниях<br>Владеть навыками обработки экспериментальных данных и оценки точности (неопределенности) измерений, испытаний и достоверности контроля Семестр - 5 |
| 6 | ДПК-9 | Способность использовать междисциплинарный подход к решению задач профессиональной деятельности | Знать сущность и формы междисциплинарного подхода Семестр - 5 |
| 7 | ПКР-13 | Способен участвовать в работах по проектированию и конструированию деталей, узлов ДЛА, разрабатывать проектную и техническую документацию при выполнении эскизных, проектов при проектировании элементов ДЛА | Уметь разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию ВРД, оформлять законченные проектно-конструкторские работы<br>Уметь разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию ГТД, оформлять законченные проектно-конструкторские работы Семестр - 5 |
| 8 | ПКР-19 | Способен к организации работ по повышению качества продукции авиастроительной отрасли | Знать требования отечественных и международных стандартов по обеспечению качества продукции авиастроительной отрасли Семестр - 5 |
| 9 | ПКР-23 | Способен разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартного оборудования и технологической оснастки, принимать участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, обеспечивать техническое оснащение рабочих мест, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий | Знать номенклатуру показателей качества технологического оснащения и инструмента<br>Знать организацию обеспечения контроля качества технологических процессов и готовой продукции<br>Владеть навыками обеспечения производственного контроля технологических процессов и готовой продукции Семестр - 5 |

Комплект типовых индивидуальных заданий

| N | Раздел дисциплины | Объем, часов | Наименование типового задания |
|---|---|---|---|
| 1 | Средства измерения и контроля линейно-угловых величин. | 2 | Выбор средств измерения |
| **Итого:** | | **2** | |

**Содержание типовых заданий**

**1.5.1. Выбор средств измерения (СРС: 2)**

**Тематика:** Выбор средств измерения детали по заданию преподавателя

**Тип:** Домашнее задание

**Прикрепленные файлы:**

pz1_Vybor_sredstv_izmerenii_2009.pdf

## Вопросы к промежуточной аттестации

"Метрология, стандартизация и сертификация"

**1. Экзамен (5 семестр)**

**Прикрепленные файлы:** Вопросы к промежуточной аттестации.docx, Вопросы к промежуточной аттестации.pdf

# 6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

***а) Основная литература:***


• 1 Основы стандартизации, метрологии и сертификации: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям стандартизации, сертификации и метрологии (200400), направлениям экономики (080100) и управления (080500) / [А.В. Архипов и др.];под ред. В.М. Мишина. — М.: ЮНИТИ-ДАНА,2010 — 447 с. (Электронный вариант – доступ: сервер кафедры ТПАД).

2 Схиртладзе А. Г., Радкевич Я. М. С 922 Метрология, стандартизация и сертификация : учебник /А. Г. Схиртладзе, Я. М. Радкевич. — Старый Оскол: ТИТ ,2010. — 540 с. (Электронный вариант – доступ: сервер кафедры ТПАД).

3. Рыбков И.С. Электротехника [Электронный ресурс]: Учебное пособие / И.С. Рыбков. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 160 с. Режим доступа: http://znanium.com/bookread.php?book=369499

4. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учеб. пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Логос, 2005. – 560 с. ил.

5. Зайцев С.А., Грибанов Д.Д., Толстов А.Н. и др. Контрольно-измерительные приборы и инструменты. М., Изд. Центр «Академия», 2006, 463с.

***б) Дополнительная литература:***

• 1. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации и метрологии. М., Аудит. Изд. «ЮНИТИ», 2007, 671 с.
2. Дунин-Барковский И.В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М., Издательство стандартов. 1987, 350 с.
3. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 432 с.
4. Допуски и посадки: Справочник в 2-х ч. – 7-е изд., перераб. и доп. – Л.: Политехника,1991.
5. Федеральный закон РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ.
6. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 27.04.93 №4871-1 (в редакции
2003 г.)
7. ГОСТ 25346-89. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основные отклонения.

М е т о д и ч е с к и е м а т е р и а л ы

1. Хопин П.Н., Белых Л.И., Токмакова Т.В. Построение полей допусков и измерение калибра-скобы с помощью плоскопараллельных концевых мер длины. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация». М., МАТИ. 2007.
18с.
2. Хопин П.Н., Белых Л.И., Токмакова Т.В. Вертикальный оптиметр. Измерение гладкого калибра-пробки. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация».М., МАТИ. 2007. 18с.
3. Хопин П.Н., Токмакова Т.В. Измерение внутренних размеров деталей в авиадвигателестроении. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Метрология,
стандартизация и сертификация».М., МАТИ. 2007.18 стр.
4. Хопин П.Н., Токмакова Т.В., Высоцкая В.И.. Методические указания к лабораторной работе «Измерение отклонений формы и расположения поверхностей». М., МАТИ, 2010, 22 с.
5. Хопин П.Н., Токмакова Т.В., Высоцкая В.И. Измерение угловых величин. Методические
указания к лабораторной работе. М., МАТИ. 2010, 20 с.
6. Токмакова Т.В., Высоцкая В.И. Методические указания к лабораторной работе
«Измерение шероховатости поверхности». М., МАТИ, 2010. 16 с.
7. Хопин П.Н. Расчѐт размерных цепей на ЭВМ СМ 1420. Методические указания к обучающей программе по курсу «Метрология, стандартизация и управление качеством». М., МАТИ, 2010, 18 с.
8. Хопин П.Н., Токмакова Т.В., Высоцкая В.И. Современные средства измерений. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Метрология, стандартизация и
управление качеством продукции». М., МАТИ, 2010, 16 с.
9. Шаров Д.В., Хопин П.Н., Токмакова Т.В., Высоцкая В.И., Маликов С.Б. Расчѐт и назначение посадок гладких цилиндрических соединений. Методические указания к курсовой
работе по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация». М., МАТИ. 2009.
46 с.
10. Шаров Д.В., Хопин П.Н., Высоцкая В.И., Маликов С.Б., Токмакова Т.В. Выбор оптимальной посадки для резьбового соединения и назначение средств контроля. Методические
указания к курсовой работе по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация». М., МАТИ.
2009. 18с.

Версия: AAAAAASZZ5A Код: 000154587

# 7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине обучающимся предоставляется возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа к электронным библиотечным системам из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

| Наименование ресурса | Интернет-ссылка на ресурс |
|---|---|
| **"ZNANIUM.COM"** | |
| Договор № 4855 эбс/027-1-3200-20 от 08.12.2020 с ООО "ЗНАНИУМ" С «18»12.2020 г. по «17»12.2021 г | http://znanium.com |
| Договор № эбс/027-1-3026-21 от 22.12.2021 с ООО "ЗНАНИУМ" С «15»12.2021 г. по «31»12.2022 г | https://znanium.com/ |
| Договор № эбс/027-1-2586-22 от 07.12.2022 с ООО "ЗНАНИУМ" С «20»12.2022 г. по «31»12.2023 г | |
| **ООО "Издательство Лань"** | |
| Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "Издательство Лань" С «22 »_02. 2021г. по « 21» 02.2022 г | e.lanbook.com |
| Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «22 »_02. 2021г. по « 21» 02.2022 | |
| Договор № СЭБ 027-0-0400-21 от 15.09.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «15 »_09. 2021г. по « 14» 09.2024 | |
| Договор № 027-1-0169-22 от 07.02.2022 года с ООО "Издательство Лань" С «22 »_02. 2022г. по « 21» 02.2023 г | |
| Договор № 027-1-0168-22 от 07.02.2022 года с ООО "ЭБС Лань" С «22 »_02. 2022г. по « 21» 02.2023 | |
| **ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ"** | |
| Электронная библиотечная система ЮРАЙТ. ЭБС "Легендарные книги" | http://biblio-online.ru, https://biblio-online.ru/catalog/legendary |
| Договор № 027-1-3191-20 от 04.12.2020г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО С «04»12.2020 г. по «03»12.2021 | https://urait.ru/ |
| Договор № 027-1-3194-20 от 04.12.2020г. с ООО "Электронное издательства ЮРАЙТ" С «04»12.2020 г. по «03»12.2021 г | https://urait.ru/ |
| Договор № 027-1-3034-21 от 03.12.2021г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2021 г. по «03»12.2022 г | https://urait.ru/ |

| | |
|---|---|
| Договор № 150-1-3269-21 от 10.12.21 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО | https://urait.ru/ |
| Договор № 027-1-2554-22 от 01.12.2022г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2022 г. по «03»12.2023 г | |
| Договор № 5537 от 25.11.2022 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО | |
| **Электронная библиотека МАИ** | |
| Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ). Лицензионный договор № 0267-НИЧ-13 от 11.12.2013 г. с ООО "Дата Экспресс "на право использования программы для ЭВМ Автоматизированная интегрированная библиотечная система (АИБС) «МегаПро» (для размещения Электронной библиотеки МАИ) | https://elibrary.mai.ru/MegaPro/Web |
| **Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России** | |
| Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России. Соглашение о создании Консорциума вузов России "Национальный объединенный аэрокосмический университет" от 03.09.2012 г. Договор о сетевом взаимодействии от 15.12.2014 г. Соглашение от «03»09.2012 г. бессрочно | |
| **Библиотека РФФИ** | |
| Библиотека РФФИ | http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library |
| **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** | |
| Единое окно доступа к образовательным ресурсам | http://window.edu.ru/ |
| **Polpred.com** | |
| Polpred.com. Обзор СМИ | http://polpred.com |
| **ООО "РУНЭБ"** | |
| Договор № 027-1-3051-20 от 07.12.2020 с ООО "РУНЭБ" С «07»12.2020 г. по «06»12.2028 | http://elibrary.ru |
| Договор № 027-1-2895-21 от 03.12.2021 с ООО "РУНЭБ" С «03»12.2021 г. по «02»12.2039 | |
| Договор № 027-133215-22 от 20.12.2022 с ООО "НЭБ" С «20»12.2022 г. по «19»12.2030 | |
| **ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт"** | |
| Договор № РКТ-054/20/027-1-1129-20 от 30.05.2020 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт" С «01»06.2020 г. по «31»05.2021 г | http://text.rucont.ru/ |
| Договор № 027-1-1235-21 от 01.06.2021 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт" С «01»06.2021 г. по «31»05.2022 г | https://text.rucont.ru/ |
| Договор № 027-1-1467-22 от 09.06.2022 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт" С «01»06.2022 г. по «31»05.2023 г | https://text.rucont.ru/ |

| | |
|---|---|
| **ФГБУ "РГБ"** | |
| Договор о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке (НЭБ) №101/НЭБ/2139 от 13.11.2018г. с ФГБУ" РГБ" С «13»11. 2018 г. по «12» 11. 2023 | http://нэб.рф |
| **НП НЭИКОН** | |
| Соглашение № 715 ДС-2011 от 16.05.2011 о сотрудничестве в Консорциуме НЭИКОН С «16» 05.2011 г с автоматическим продлением | http://archive.neicon.ru |
| Национальная подписка на-2021 г с РФФИ Государственного задания № 075-00011-20-00 | |
| Web Of Science- https://apps.webofknowledge.com | https://apps.webofknowledge.com |
| Scopus- http://scopus.com | http://scopus.com |
| Elsevier-http://www.sciencedirect.com, http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct, https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections, https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections | http://www.sciencedirect.com, http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct, https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections, https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections |
| | http://rd.springer.com, http://www.springerprotocols.com |
| Математическая база данных zbMATH: http://zbMATH.org | http://zbMATH.org |
| American Chemical Society (ACS)- https://www.acs.org/content/acs/en.html | https://www.acs.org/content/acs/en.html |
| American Institute of Physics (AIP)- https://www.scitation.org/ | https://www.scitation.org/ |
| American Physical Society- https://journals.aps.org/about | https://journals.aps.org/about |
| EBSCO Publishing (База CASC)- http://search.ebscohost.com | http://search.ebscohost.com |
| Cambridge University Press (CUP)- https://www.cambridge.org/core | https://www.cambridge.org/core |
| IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers , Inc.)- https://ieeexplore.ieee.org | https://ieeexplore.ieee.org |
| INSPEC компании EBSCO- INSPEC | |
| Institute of Physics (IOP) издательства IOP Publishing- https://iopscience.iop.org/ | https://iopscience.iop.org/ |
| MathSciNet American Mathematical Society- https://www.ams.org/home/page | https://www.ams.org/home/page |

| | |
|---|---|
| Optical Society of America (OSA)- https://www.osapublishing.org/about.cfm | https://www.osapublishing.org/about.cfm |
| Oxford University Press- https://academic.oup.com/journals/ | https://academic.oup.com/journals/ |
| ProQuest Dissertations & Theses Global- https://search.proquest.com/index | https://search.proquest.com/index |
| ORBIT Intelligence - база данных QUESTEL- https://www.orbit.com/ | https://www.orbit.com/ |
| SAGE Publication- https://journals.sagepub.com/ | https://journals.sagepub.com/ |
| Annual Reviews Science Collection (AR)- https://www.annualreviews.org | https://www.annualreviews.org |
| JSTOR- www.jstor.org | www.jstor.org |
| Wiley. John Wiley & Sons.- https://onlinelibrary.wiley.com/ | https://onlinelibrary.wiley.com |
| **Национальная подписка на 2022 г с РФФИ Государственного задания** | |
| **Springer Nature:** | https://link.springer.com |
| 1. eBoock Collection: журналы, книги - https://link.springer.com | |
| 2. Коллекция журналов и базы данных Springer Nature: https://link.springer.com | |
| **Begell House Inc.** https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html | https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html |
| **China Academic Journals** (CD Edition) Electronic Publishing House Co., Ltd: https://ar.cnki.net/ACADREF | https://ar.cnki.net/ACADREF |
| **Institute of Electrical and Electronics Engineers:** https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp; https://ieeexplore.ieee.org | https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp; https://ieeexplore.ieee.org |
| **EBSCO.** https://www.search.ebscohost.com/ | https://www.search.ebscohost.com/ |
| **INSPEC:** | |
| 1. База данных Academic Search Premier | |
| 2. База данных eBook Academic Collection | |
| 3. eBook EngineeringCore Collection | |
| **ORBIT Intelligence** - база данных QUESTEL: https://www.orbit.com/ | https://www.orbit.com/ |
| **SAGE Publication:** https://journals.sagepub.com/ | https://journals.sagepub.com/ |
| **Wiley:** https://onlinelibrary.wiley.com/ | https://onlinelibrary.wiley.com/ |

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Эффективным способом развития творческих способностей студентов при изучении дисциплины является самостоятельная работа, которая нацелена на проработку студентами материала прошедших контактных занятий и подготовку к предстоящим занятиям.

Самостоятельная работа студентов проводится ими в соответствии с собственными возможностями. Можно, однако, рекомендовать групповое изучение материалов, обеспечивающее совместную работу нескольких студентов, что положительно влияет на качество проработки программы курса.

В то же время высокая степень усвоения изучаемой дисциплины достигается при постоянной работе студентов над текущим материалом. В этой связи желательна проработка лекционного материала в день его прочтения, что позволяет, во-первых, оперативно (на следующей лекции) снимать возникающие вопросы и, во-вторых, создавать багаж знаний по дисциплине задолго до промежуточной аттестации.

При подготовке к практическим занятиям также необходима проработка лекционного материала. Это позволит осознано работать с предлагаемым материалом преподавателем на практическом занятии, а, следовательно, закладывать базу методик и приемов при решении практических задач.

При изучении материала необходимо делать акцент не на зазубривании материала, а на понимание его физической сути, что развивает мышление и позволяет понять методологию изучаемой дисциплины.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Дисциплина ореинтирована на применение компьютерной технки, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", электронной библиотеки МАИ для поиска, сбора, хранения, обработки и представления информации.

***Программное обеспечение, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:***

В ходе изучения дисциплины применяется следующее программное обеспечение: Microsoft Windows XP, Vista, 7. Microsoft Office 2010. Microsoft Internet Explorer

При выполнении самостоятельной работы в ходе изучения дисциплины рекомендуются http://znanium.com.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.Профилометр-профилограф
2.Микроинтерферометр
3.Многооборотный индикатор
4.Мерительный инструмент
5.Набор концевых мер
Мультимедийный переносной комплекс:
Экран – 1 шт.
Проектор Acer XXI6I – 1 шт.
Ноутбук Sony Vaio

**Приложение 1**

**к рабочей программе дисциплины**

«Метрология, стандартизация и сертификация»

## Аннотация рабочей программы

Дисциплина "Метрология, стандартизация и сертификация" является частью "Блока 1 Дисциплины" дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 24.03.05 "Двигатели летательных аппаратов". Дисциплина реализуется на "Московского авиационного института (национального исследовательского университета)" кафедрой (кафедрами) .

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ДПК-8, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-9, ДПК-9, ПКР-13, ПКР-19, ПКР-23.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: изучением научных основ метрологии, стандартизации и сертификации, принципов взаимозаменяемости в технике, освоением навыков технических измерений физических величин, оценки и назначения параметров точности в машиностроительном производстве

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: Лекция, Практическое занятие, Лабораторная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: промежуточная аттестация в форме Экзамен (5 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (24 часов), практические (14 часов), лабораторные (12 часов) занятия и (22 часов) самостоятельной работы студента.

**Приложение 2**

**к рабочей программе дисциплины**

«Метрология, стандартизация и сертификация»

## Прикрепленные файлы

**pz1_Vybor_sredstv_izmerenii_2009.pdf**

**Вопросы к промежуточной аттестации.pdf**

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«МАТИ»- Российский Государственный Технологический Университет
имени К.Э. Циолковского

Кафедра «Технология производства двигателей летательных аппаратов»

# ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Методическое указание к практическим занятиям
по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация»

Составители: Токмакова Т.В

.

Москва 2009 г.

# ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания содержат методику для проведения лабораторных занятий по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов дневной и вечерней формы обучения.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Принципиальное положение, на котором основывается выбор измерительных средств, заключается в том, что измерение рассматривается как составная часть процесса изготовления, а целью измерения является определение действительного размера как конкретной истины, исходя из служебного назначения детали.

Основные вопросы выбора измерительных средств общие, независимо от вида приборов и контролируемых деталей:

– Точность измерительного средства должна быть достаточно высокой по сравнению с заданной точностью выполнения измеряемого параметра изделия;
– Выбранное средство должно обладать высокой производительностью, простотой;
– Трудоемкость измерений и их стоимость должны быть возможно более низкими.

Недостаточная точность измерений приводит к тому, что часть годной продукции бракуют (ошибки I рода) и в тоже время брак частично принимают за годную продукцию (ошибки II рода). Излишняя точность измерений может быть связана с чрезмерными повышением трудоемкости и стоимости контроля качества продукции, т. е. приводит к ее удорожанию.

Главные факторы, определяющие выбор средств измерения:

– Тип производства;
– Конструктивные особенности и размеры контролируемых деталей;
– Допускаемая погрешность измерения, нормированная стандартом.

Выбор средств измерений можно производить по коэффициенту уточнения (запасу точности) [ 1 ], на основе информационной теории измерительных средств, по принципу безошибочности контроля. Наиболее распространенным является последний способ, при котором выбор средств измерений производится по известным значениям номинального размера d детали, допуска изготовления IT и допустимой погрешности измерения $\delta_{изм}$. Этот метод и используется в данной лабораторной работе.

# 2. ВЫБОР И НАЗНАЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Порядок выполнения работы (1- я часть, основные этапы):

– Построить в бланке отчета схему расположения полей допусков для каждого контролируемого размера детали;

– Нанести на схеме и занести в бланк отчета все необходимые размеры, отклонения и допуски ( ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82);

– Определить значения допускаемой погрешности измерений - δизм по номинальному размеру детали, квалитету и допуску (по табл. 1);

– Выбрать для каждого размера контролируемой детали средство измерения (СИЗ), пользуясь табл. 2,3 и схемой выбора. Пример выбора СИЗ приведен ниже в тексте методических указаний;

– Занести в бланк отчета результаты выбора СИЗ, привести основные точностные параметры выбранных средств;

– Ознакомится с методами выбора СИЗ по коэффициенту уточнения и на основе информационной теории измерительных средств (самостоятельно).

Таблица 1

Пределы допускаемых погрешностей измерения по ГОСТ 8.051-81

| Номинальный размер, мм | КВАЛИТЕТ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | …4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | 11… | |
| | IT | $\delta_{изм}$ | IT | $\delta_{изм}$ | IT | $\delta_{изм}$ | IT | $\delta_{изм}$ | IT | $\delta_{изм}$ | IT | $\delta_{изм}$ | IT | $\delta_{изм}$ | IT | $\delta_{изм}$ |
| До 3 | 3 | 1,0 | 4 | 1,4 | 6 | 1.8 | 10 | 3,0 | 14 | 3,0 | 25 | 6 | 40 | 8 | 60 | 12 |
| Св. 3 до 6 | 4 | 1,4 | 5 | 1,6 | 8 | 2,0 | 12 | 3,0 | 18 | 4,0 | 30 | 8 | 48 | 10 | 75 | 16 |
| Св. 6 до 10 | 4 | 1,4 | 6 | 2,0 | 9 | 2.0 | 15 | 4,0 | 22 | 5,0 | 36 | 9 | 58 | 12 | 90 | 18 |
| Св. 10 до 18 | 5 | 1,6 | 8 | 2,8 | 11 | 3,0 | 18 | 5,0 | 27 | 7,0 | 43 | 10 | 70 | 14 | 110 | 30 |
| Св. 18 до 30 | 6 | 2,0 | 9 | 3,0 | 13 | 4,0 | 21 | 6,0 | 33 | 8,0 | 52 | 12 | 84 | 18 | 130 | 30 |
| Св. 30 до 50 | 7 | 2,4 | 11 | 4,0 | 16 | 5,0 | 25 | 7,0 | 39 | 10,0 | 62 | 16 | 100 | 20 | 160 | 40 |
| Св. 50 до 80 | 8 | 2,8 | 13 | 4.0 | 19 | 5,0 | 30 | 9,0 | 46 | 12,0 | 74 | 18 | 120 | 30 | 190 | 40 |
| Св. 80 до 120 | 10 | 3,0 | 15 | 5,0 | 22 | 6,0 | 35 | 10,0 | 54 | 12,0 | 87 | 20 | 140 | 30 | 220 | 50 |
| Св. 120 до 180 | 12 | 4,0 | 18 | 6.0 | 25 | 7,0 | 40 | 12,0 | 63 | 16,0 | 100 | 30 | 160 | 40 | 250 | 50 |
| Св. 180 до 250 | 14 | 5,0 | 20 | 7,0 | 29 | 8,0 | 46 | 12,0 | 72 | 18,0 | 115 | 30 | 185 | 40 | 290 | 60 |
| Св. 250 до 315 | 16 | 5,0 | 23 | 8,0 | 32 | 10,0 | 52 | 14,0 | 81 | 20,0 | 130 | 30 | 210 | 50 | 320 | 70 |
| Св. 315 до 400 | 18 | 6,0 | 25 | 9,0 | 36 | 10,0 | 57 | 16,0 | 89 | 24,0 | 140 | 40 | 230 | 50 | 360 | 80 |
| Св. 400 до 500 | 20 | 6,0 | 27 | 9,0 | 40 | 12,0 | 63 | 18,0 | 97 | 26,0 | 155 | 40 | 250 | 50 | 400 | 80 |

2.2. Поля допусков рабочих деталей и расчет их предельных размеров

Допуски размеров гладких цилиндрических деталей нормированы ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82.

Согласно чертежу заданной детали, на котором указан номинальный размер контролируемого параметра и условное обозначение поля допуска, определить по стандартам допуск размера, предельные отклонения.

На основе конкретной схемы расположения поле допусков рассматриваются и заносятся в бланк отчета предельные размеры детали.

2.3. Схема выбора средств измерений (СИЗ). Допускаемые погрешности измерений

Выбор измерительного средства необходимо осуществлять, руководствуясь следующими положениями:

1. Предельная погрешность средств измерений $\Delta$ lim должна быть меньше на 20-50% (но не более!) погрешности измерения - $\delta_{изм}$

$$\Delta \lim < \delta_{изм} \qquad (1)$$

2. Диапазон измерения отчетного устройства должен превышать допуск IT на изготовление детали.

3. Температурный режим, условия эксплуатации, класс концевых мер для настройки, положение прибора при измерении должны соответствовать паспортным данным выбранных средств.

Более точные измерительные средства или более жесткие условия измерения не рекомендуется использовать. Но это не означает, что их использовать невозможно. Как правило, если указан какой-либо режим-условие проведения измерений, то более жесткие режимы также являются годными, однако их нецелесообразно применять, поскольку достаточно провести измерения с более свободными режимами.

Для выбора средств измерений линейных размеров до 500 мм зависимость допускаемой погрешности измерения - $\delta_{изм}$ от допуска на изготовление изделия Т (IT) и номинальных размеров устанавливается ГОСТ 8.051-81.

В том случае, если допуск на изготовление размера не соответствует табличному значению, то допускаемая погрешность измерения определяется линейной интерполяцией значений допускаемых погрешностей измерения, соответствующих допускам в интервале между которыми находится контролируемый допуск.

Установленные стандартом погрешности измерения $\delta_{изм}$ являются наибольшими допускаемыми погрешностями измерений, включающими в себя как случайные, так и не учтенные систематические погрешности, то есть

все составляющие, зависящие от измерительных средств, установочных мер, температурных колебаний, базирования и т. д.

Случайная погрешность измерения не должна превышать 0,6 от предела допускаемой погрешности измерения. Случайная погрешность измерения принимается с доверительной вероятностью 0, 954 ($\pm 2\sigma$), где $\sigma$ – значение среднего квадратического отклонения погрешности измерения.

Табличные значения погрешностей средств измерений, установленные экспериментальным и расчетным путем с учетом измеряемых размеров, температурного режима и приемов, осуществляемых при измерении приведены в табл. 2, 3.

Рекомендации по выбору средств измерений линейных размеров от 1 до 500 мм изложены в РТМ – 1.4.331-81.

Таблица 2

Предельные погрешности средств измерений для наружных размеров

| Наименование средств измерения | Интервалы размеров, мм | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1-10 | 10-18 | 18-30 | 30-50 | 50-80 | 80-120 | 120-180 |
| | Предельные значения $\pm\Delta$ lim, мкм | | | | | | |
| Штангенциркули с ценой деления шкалы нониуса 0,1 (типа ШЦ-1, ШЦ-2) мм | 150 | 150 | 150 | 150 | 160 | 170 | 190 |
| Штангенциркули с ценой деления шкалы нониуса 0,05 (ШЦ-1, ШЦ-2) мм | 80 | 80 | 80 | 80 | 90 | 100 | 100 |
| Микрометры гладкие (типа МК); при работе находятся в стойке | 4,5 | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| Микрометры гладкие (типа МК); при работе находятся в руках | 4,5 | 4,5 | 7 | 7 | 8,5 | 10 | 12 |
| Индикаторы часового типа (ИЧ) с ценой деления 0,01 мм и диапазоном показаний 10 мм | 17 | 18 | 18 | 19 | | | |
| Оптиметры вертикальные с ценой деления 0,001 мм (типа ОВО-1, ИКВ) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | | |
| Оптиметры горизонтальные с ценой деления 0,001 мм (типа ОГО-1, ИКГ) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | | |
| Микроскопы инструментальные модели БМИ и ММИ | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | | |

Таблица 3

Предельные погрешности средств измерений для внутренних размеров

| Наименование средств измерения | Интервалы размеров, мм | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1-18 | 18-50 | 50-120 | 120-250 |
| | Предельные значения ±Δ lim, мкм | | | |
| Штангенциркули с ценой деления шкалы нониуса 0,1 мм (типа ШЦ-1, ШЦ-2) | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Штангенциркули с ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм (ШЦ-1, ШЦ-2) | 150 | 150 | 170 | 200 |
| Нутромеры микрометрические с ценой деления 0,01 мм (типа НМ) | | | 15 | 20 |
| Нутромеры индикаторные с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм | 10 | 12 | 16 | |
| Оптиметры горизонтальные с ценой деления 0,001 мм | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 3 |
| Микроскопы инструментальные модели БМИ и ММИ | 7 | 8 | 9 | |

Сравнение предельной погрешности СИЗ с допускаемой погрешностью измерения производится без учета знака у Δ lim.

Если допускаемым условиям измерения соответствует несколько приборов, имеющихся в наличии, то выбирают наиболее производительный, дешевый и простой в эксплуатации прибор.

В зависимости от размеров (и массы) контролируемой детали должен быть решен вопрос с применением стационарного или накладного прибора. Поверхностная твердость, шероховатость и форма поверхности детали должны предопределить величину измерительного усилия и выбор контактного или бесконтактного метода измерения. При этом необходимо помнить, что уменьшение измерительного усилия увеличивает случайную составляющую погрешности измерения, а увеличение усилия повышает контактные деформации.

Если шероховатость измеряемой поверхности не регламентирована, параметр $R_z$ не должен превышать значений: 0,05IT – для рядов пределов допускаемых погрешностей 1÷4 (ГОСТ 8.051-81) и для квалитетов 2÷5; 0,10IT – для рядов пределов допускаемых погрешностей 5÷9 и для квалитетов 6÷9, где IT – допуск контролируемого размера.

Значения размеров полученных измерением с погрешностью, не пре-

вышающей пределы допускаемой, принимаются за действительные.

ПРИМЕР. Выбрать средство измерения для контроля вала, изготовленного из закаленной стали, размером Ø40h7.

По ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82 находим предельные отклонения для вала размером Ø40h7: es = 0; ei = -25 мкм. Определяем допуск: T = 25 мкм.

По табл. 1 в графе «номинальные размеры» находим интервал (30-50), в который входит номинальный размер контролируемого вала и для 7-го квалитета этого интервала (IT7=25мкм) устанавливаем допускаемую погрешность измерения $\delta_{изм}$= 7 мкм.

Для выбора средства измерения обращаемся к табл. 2, где для интервала размеров (30-50 мм) подбираем такое значение Δ lim, которое было бы близко или меньше $\delta_{изм}$= 7 мкм; то есть Δ lim <7мкм.

Для данного примера такому условию удовлетворяет микрометр гладкий (типа МК) для измерений наружных размеров изделий; цена деления шкалы – 0,01 мм; диапазон измерений 25-50 мм (табл. 9), предельная погрешность измерения в стойке ± Δ lim= 5 мкм, а также микроскопы инструментальные модели БМИ и ММИ с предельной погрешностью измерения ±Δ lim = 5 мкм.

Используя в данной работе контактный метод измерения, останавливаем свой выбор на микрометре гладком. К тому же применение оптических средств измерения в данном случае нецелесообразно, так как вал изготовлен из закаленной стали с высокой поверхностной твердостью (HRC=50).

Микрометр гладкий при работе должен находиться в стойке или должна обеспечиваться надежная его изоляция от тепла рук оператора. Если гладкий микрометр при работе находится в руках, то предельная погрешность измерения для диапазона размеров 25÷50 мм составляет 7 мкм, что превышает допустимую.

## 3. УСТАНОВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НОРМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Порядок выполнения работы (2-я часть, основные этапы):

– определить величину $\delta_{ин.л.}$- выхода действительного значения погрешности средства измерения за предел допускаемой основной погрешности (по ГОСТ 8.050-73 «Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений») – Табл. 4;

– назначить нормальные пределы значений влияющих величин, используя таблицы 3-го раздела стандарта (табл. 5-7);

– определить основные параметры внешней среды в лаборатории:

температуру, относительную влажность воздуха, атмосферное давление;

– сформулировать требования к внешним условиям выполнения линейных измерений по ГОСТ 8.050-73.

3.2. Требования к внешним условиям выполнения линейных измерений в лаборатории

Нормальные условия выполнения измерений должны быть обеспечены для практического исключения дополнительных погрешностей измерения.

ГОСТ 8.050-73 устанавливает следующие нормальные значения влияющих величин: температура окружающей среды 20°С (293°К), атмосферное давление – 101324 Па (760 мм рт. ст.), относительная влажность воздуха – 58%, направление линий измерения линейных размеров до 160 мм у наружных поверхностей вертикальное, а в остальных случаях – горизонтальное.

Однако при выполнении измерений весьма трудно обеспечить внешние условия, которые соответствовали бы нормальным значениям влияющих величин. Поэтому в зависимости от величины контролируемого размера и допуска на его изготовление в стандарте задаются допустимые отклонения влияющих величин от их нормального значения, которые называются нормальными пределами значений влияющих величин (их числовые значения приведены в разделе 3 ГОСТ 8.050-73).

С помощью этого стандарта необходимо, исходя из диапазона измеряемых размеров и допусков на них, сформулировать требования к нормальным условиям выполнения измерений, то есть установить пределы нормальной области значений всех влияющих величин.

Нормальной областью значений влияющих величин при линейных измерениях является область, при обеспечении которой выход $\delta_{ин.л}$ действительного значения погрешности средства измерения за предел допускаемой основной погрешности средства измерения не превышает значений, указанных в табл. 4.

При пределах допускаемой погрешности измерения, превышающих значения, указанные в табл. 4 для соответствующих рядов, нормальные условия выбираются по более грубому ряду. При уменьшении допускаемой погрешности измерения нормальные условия должны выбираться по более точному ряду.

При допусках на размер изделия, не соответствующим значениям, указанным в табл. 4, допускаемые значения $\delta_{ин.л}$ выбираются по ближнему наименьшему значению допуска для соответствующего диапазона размеров.

Требования, которые устанавливает данный стандарт, рекомендуются при разработке методик измерений и при выполнении процессов измерений объектов, не имеющих внутренних источников тепла.

Пример. Сформулировать требования к нормальным условиям выполнения измерений при контроле вала размером Ø40h7.

По табл. 4 определим выход $\delta_{ин.л}$ действительного значения погрешности средства измерения за предел допускаемой основной погрешности средства измерения.

Для контролируемого размера вала, изготовленного с допуском по 7-му квалитету, равным Т=25 мкм, по табл. 4 диапазона размеров 30-50 мм допуск на размер не соответствует имеющемуся значению. Тогда допускаемое значение $\delta_{ин.л}$ выбирается по ближайшему меньшему значению допуска, т. е. Т=15 мкм для соответствующего диапазона размеров, а именно $\delta_{ин.л}$=1,5 мкм, что соответствует IX ряду пределов допускаемых значений.

Таблица 4 (ГОСТ 8.050-81)

| Диапазон размеров, мм | Ряды пределов допускаемых значений $\delta_{ин.л}$, мкм | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | | II | | III | | IV | | V | | VI | | VII | |
| | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.л}$ |
| Св. 1до 3 | 0,2 | 0,02 | 0,3 | 0,03 | 0,5 | 0,06 | 0,8 | 0,10 | 1,2 | 0,15 | 2,0 | 0,2 | 3 | 0,3 |
| Св.3 до 6 | 0,25 | 0,03 | 0,4 | 0,05 | 0,6 | 0,07 | 1,0 | 0,10 | 1,5 | 0,20 | 2,5 | 0,3 | 4 | 0,5 |
| Св. 6 до 10 | 0,25 | 0,03 | 0.4 | 0,05 | 0,6 | 0,07 | 1,0 | 0,10 | 1,5 | 0,20 | 2,5 | 0,3 | 4 | 0,5 |
| Св. 10 до 18 | 0,30 | 0,03 | 0,5 | 0,06 | 0,8 | 0.10 | 1,2 | 0,15 | 2,0 | 0,25 | 3,0 | 0,3 | 5 | 0,6 |
| Св. 18 до 30 | 0,40 | 0.05 | 0,6 | 0,07 | 1,0 | 0,10 | 1,5 | 0,20 | 2,5 | 0,30 | 4,0 | 0,5 | 6 | 0,7 |
| Св. 30 до50 | 0,40 | 0.05 | 0,6 | 0,07 | 1,0 | 0,10 | 1,5 | 0,20 | 2,5 | 0,30 | 4,0 | 0,5 | 7 | 0,8 |
| Св. 50 до 80 | 0,50 | 0.07 | 0,8 | 0,10 | 1,2 | 1,15 | 2,0 | 0,25 | 3,0 | 0,35 | 5,0 | 0,6 | 8 | 0,9 |
| Св. 80 до120 | 0,60 | 0,07 | 1,0 | 0,10 | 1,5 | 0,20 | 2,5 | 0,30 | 4,0 | 0,50 | 6,0 | 0,7 | 10 | 1,1 |
| Св.120 до 180 | 0,80 | 0,10 | 1,2 | 0,15 | 2,0 | 0,25 | 3,5 | 0,40 | 5,0 | 0,60 | 8,0 | 0,9 | 12 | 1,3 |
| Св. 180 до 260 | 1,20 | 0,15 | 2,0 | 0,25 | 3,0 | 0,35 | 4,5 | 0,50 | 7,0 | 0,80 | 10,0 | 1,2 | 14 | 1,5 |
| Св. 260 до 360 | 2,00 | 0,25 | 3,0 | 0,35 | 4,0 | 0.50 | 6,0 | 0,70 | 8,0 | 0,90 | 12,0 | 1,4 | 16 | 1,8 |
| Св. 360 до 500 | 2,50 | 0.30 | 4,0 | 0,50 | 6,0 | 0,70 | 8,0 | 0,90 | 10,0 | 1,20 | 15,0 | 1,8 | 20 | 2,3 |

Продолжение табл. 4

| Диапазон размеров, мм | Ряды пределов допускаемых значений $\delta_{ин.\ л}$, мкм | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | VIII | | IX | | X | | XI | | XII | | XIII | | XIV | |
| | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.\ л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.\ л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.\ л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.\ л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.\ л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.\ л}$ | $\Delta_л$ | $\delta_{ин.\ л}$ |
| Св. 1до 3 | 4 | 0,5 | 6 | 0,6 | 10 | 1,0 | 14 | 1,2 | 20 | 1,5 | 33 | 2,0 | 40 | 2,5 |
| Св.3 до 6 | 5 | 0,6 | 8 | 0,8 | 13 | 1,3 | 18 | 1,5 | 25 | 2,0 | 40 | 2,5 | 48 | 3,0 |
| Св. 6 до 10 | 6 | 0,7 | 9 | 0,9 | 16 | 1,6 | 22 | 2,0 | 30 | 2,5 | 50 | 3,0 | 58 | 4,0 |
| Св. 10 до 18 | 8 | 0,9 | 11 | 1,1 | 19 | 1,9 | 27 | 2,5 | 35 | 3,0 | 60 | 4,0 | 70 | 4,5 |
| Св. 18 до 30 | 9 | 1,1 | 13 | 1,3 | 23 | 2,3 | 33 | 3,0 | 45 | 3,5 | 70 | 4,5 | 84 | 5,5 |
| Св. 30 до50 | 11 | 1,3 | 15 | 1,5 | 27 | 2,7 | 39 | 3,5 | 50 | 4,0 | 85 | 5,5 | 100 | 7,0 |
| Св. 50 до 80 | 13 | 1,5 | 18 | 1,8 | 30 | 3,0 | 46 | 4,0 | 60 | 5,0 | 100 | 7,0 | 120 | 8,0 |
| Св. 80 до120 | 15 | 1,7 | 21 | 2,1 | 35 | 3,5 | 54 | 4,5 | 70 | 6,0 | 115 | 8,0 | 140 | 9,0 |
| Св.120 до 180 | 18 | 2,0 | 24 | 2,4 | 40 | 4,0 | 63 | 5,5 | 80 | 7,0 | 135 | 9,0 | 160 | 10,0 |
| Св. 180 до 260 | 20 | 2,3 | 27 | 2,7 | 45 | 4,5 | 73 | 6,0 | 90 | 7,5 | 150 | 10,0 | 185 | 12,0 |
| Св. 260 до 360 | 22 | 2,7 | 30 | 3,0 | 50 | 5,0 | 84 | 7,0 | 100 | 8,0 | 170 | 11,0 | 215 | 14,0 |
| Св. 360 до 500 | 25 | 3,0 | 35 | 3,5 | 60 | 6,0 | 95 | 8,0 | 120 | 10.0 | 190 | 13,0 | 250 | 17,0 |

Установим нормальные пределы значений влияющих величин для данной детали.

1. Направление линии измерения линейных размеров до 160 мм у наружных поверхностей – вертикальное. Допускается отклонение от нормального направления линии измерения ±5°.

2. Пределы допускаемого отклонения температуры объекта измерения и рабочего пространства от нормального значения в процессе измерения ±2°С (табл. 5).

3. В рабочее пространство не рекомендуется помещать объекты измерения с отклонениями температуры на поверхности от нормальной более чем 3,5°С.

4. Время выдержки в рабочем пространстве при температуре, указанной в п. 2, должно быть не менее 6 ч. (табл. 6).

5. Допускаемые изменения температуры в течение о, 5 часа не должны превышать 0, 2°С (табл. 7).

6. Давление окружающего воздуха в рабочем пространстве не должно быть меньше атмосферного. Допускается превышение атмосферного давления не более чем на 3 кПа.

7. Количество твердых частиц пыли в 1 $м^3$ воздуха в рабочем пространстве не должно быть больше 20 при размере частиц пыли не более 2 мкм.

8. Пределы допускаемого отклонения влажности воздуха в рабочем пространстве от нормального ±20%.

9. Наибольшая скорость движения воздуха в рабочем пространстве не должна превышать 0,2 м/с.

10. Уровень шума в рабочем пространстве не должен превышать 80 дБ.

11. Погрешность средства измерения, вызываемая контактными деформациями в месте соприкосновения измерительного наконечника с измеряемым объектом не должна превышать 0,1 допускаемой погрешности измерения, что обеспечивается выбором материала и формы измерительных поверхностей, нормированием измерительного усилия и его колебанием.

Поддержание нормальных условий в рабочем пространстве должно обеспечиваться в течение всего процесса измерения. Если указанные требования соблюдаются и имеется стандартизированная методика выполнения измерений, допускается не вводить поправки на выход влияющих величин за пределы нормальной области значений и не фиксировать действительные значения влияющих величин.

Таблица 5

Нормальные пределы значений влияющих величин

| Размеры, мм | Отклонение температуры, $^oC$ для рядов 13 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV - VIII | IX - XI | XII - XIV |
| Св. 1 - " - 18 | ±0,5 | ±0,8 | ±1,0 | ±1,5 | ±3 | ±4 |
| "18 -" - 50 | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | ±1,0 | ±2 | ±3 |
| "50 - "- 500 | ±0,1 | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | ±1 | ±2 |

Таблица 6

| Масса объекта измерения, кг | Время выдержки, ч. для рядов | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I - III | IV - VIII | IX - XI | XII - XIV |
| До 10 | 6 | 4 | 3 | 2 |
| Св. 10 до 50 | 14 | 8 | 6 | 4 |
| Св. 50 до 200 | 24 | 14 | 10 | 7 |
| Св. 200 до 250 | 36 | 20 | 16 | 12 |

Таблица 7

| Допускаемые отклонения температуры от нормальной , $^{o}$C | Допускаемые изменения температуры, $^{o}$C | | Допускаемая разность температур в двух точках, $^{o}$C |
|---|---|---|---|
| | В теч. 0,5 ч. | В теч.12 ч. | |
| ± 0,1$^{x}$ | 0,02$^{x}$ | 0,1$^{x}$ | 0,02$^{x}$ |
| ± 0,2 | 0,05$^{x}$ | 0,2 | 0,05$^{x}$ |
| ± 0,80,3 | 0,1$^{x}$ | 0,2 | 0,1$^{x}$ |
| ± 0,5 | 0,1$^{x}$ | 0,5 | 0,2 |
| ± 0,8 | 0,1$^{x}$ | 0,5 | 0,2 |
| ± 1,0 | 0,1 | 0,5 | 0,2 |
| ± 1,5 | 0,2 | 1,0 | 0,2 |
| ± 2,0 | 0,2 | 2,0 | 0,2 |
| ± 3,0 | 0,5 | 3,0 | 0,5 |
| ± 4,0 | 0,5 | 3,0 | 0,5 |

$^{x}$ Обеспечивается при расположении оператора вне рабочего пространства.

Примечание. Нормы, указанные в табл. 7 распространяются на условия сравнения мер и объектов измерения с разностью коэффициентов линейного расширения не более $7.10^{-6}K^{-1}$ при общей массе средств и объектов измерения не более 500 кг.

# 4.КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ. МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИБОРАХ

4.1. Порядок выполнения работы (3-я часть, основные этапы):

– вычертить в бланке отчета эскиз рабочей детали с указанием контролируемых сечений и направлений;

– изучить конструкции (см. с. 86-107 [1]), метрологические характеристики выбранного средства и приемы работы с ним;

– измерить деталь выбранным средством в 3-х сечениях (1,2,3) и в двух взаимоперпендикулярных направлениях – I,II. Результаты измерений занести в таблицу отчета;

– подсчитать действительные размеры деталей в заданных сечениях, значения овальности и конусообразности;

– построить доверительные интервалы и дать заключение о годности деталей.

4.2. Методики работы на универсальных измерительных приборах

Измерение наружных и внутренних линейных размеров контактным методом (используемом в данной лабораторной работе) осуществляется механическими измерительными головками и приборами со встроенными измерительными устройствами, которые в зависимости от применяемых в них передаточных механизмов делятся на штангенинструменты, микрометрические, головки измерительные рычажно-зубчатые, зубчатые, нутромеры, глубиномеры, головки пружинные.

ГОСТ 8.009-84 «Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений» устанавливает номенклатуру метрологических характеристик средств измерений (табл. 8).

4.2.1. Штангенциркуль

По ГОСТ 166-80 штангенциркули выпускают 4-х типов, основные технические характеристики которых приведены в табл. 9.

4.2.2. Измерение штангенциркулем

Перед измерением штангенциркулем проверяют нулевую установку, для чего сдвигают измерительные губки 7,8 до соприкосновения друг с другом (рис. 1). При этом должны совпадать нулевой и конечный штрихи шкалы нониуса 6 со штрихами основной шкалы 4 (шкалы штанги). Измерение наружного размера необходимо проводить в следующем порядке. Поместить изделие между губками штангенциркуля 8 или 7, прижать неподвижную губку 8 (7) к поверхности изделия и перемещая рамку 2, приблизить к изделию подвижную губку 8а (7а), после чего закрепить стопорный винт 10 микрометрической подачи. Вращая гайку 5 микрометрической подачи, привести подвижную губку в соприкосновение с поверхностью изделия и закрепить винт 3 рамки. При этом обе губки должны плотно прилегать к измеряемому изделию, а при перемещении штангенциркуля должно ощущаться легкое трение.

Табл. 8. Номенклатура метрологических характеристик средств измерений

Таблица 9

| Наименование штангенциркулей, тип штангенинструм. | Диапазон измерения | Показания по нониусу | Вылет измерительн. губок | Допускаемая погрешность (мм, не более) при отсчете по нониусу, мм | |
|---|---|---|---|---|---|
| | мм | | | 0,07 | 0,1 |
| | | | | Класс точности | |
| | | | | 1 | 2 |
| Штангенциркули с двусторонним расположением губок ШЦ - 1 | До 125 | 0,1 | 40±0,05 | ±0,06 | ±0,1 |
| ШЦ - 2 | До 250 | 0,05; 0,1 | 45; 60±0,05 | ±0,06, ±0,08 | ±0,1 |
| Штангенциркули с односторонним расположением губок и линейкой измерения глубин ШЦ – I - 1 | До 125 | 0,1 | 40±0,05 | ±0,06 | ±0,1 |
| Штангенциркули с односторонним расположением губок ШЦ – III | До 160 | | 45 | ±0,06 | ±0,1 |
| | До 400 | 0,1 | 60 ±0,05 | ±0,09 | ±0,1 |
| | …….. | | …….. | | |
| | 2000-4000 | | 150 | | |

Необходимо также следить за правильной установкой губок (без перекосов).

16. Далее снять штангенциркуль с изделия и отсчитать показания по основной шкале и нониусу.

Схема нониуса с величиной отсчета С = 0,1 мм показана на рис. 2. Основная шкала на штанге имеет цену деления а=1 мм, шкала нониуса b = ν *a*- c = 1 - 0,1 = 0,9 мм (2) при модуле нониуса ν=1. Заданное число интервалов нониуса n = a/c = 10 (3). Число целых миллиметров отсчитывается по основной шкале, число десятых долей миллиметра соответствует номеру штриха нониуса, совпадающего со штрихом основной шкалы. Отсчет на рис. 2 соответствует 17,14 мм.

При измерении штангенциркулем внутренних размеров изделия (рис. 1) в него вводят губки 7 для внутренних измерений, неподвижную губку 7 прижимают к поверхности изделия 1. При определении внутреннего размера к отсчету по основной шкале и шкале нониуса прибавляют толщину губок, выгравированную на их боковой поверхности.

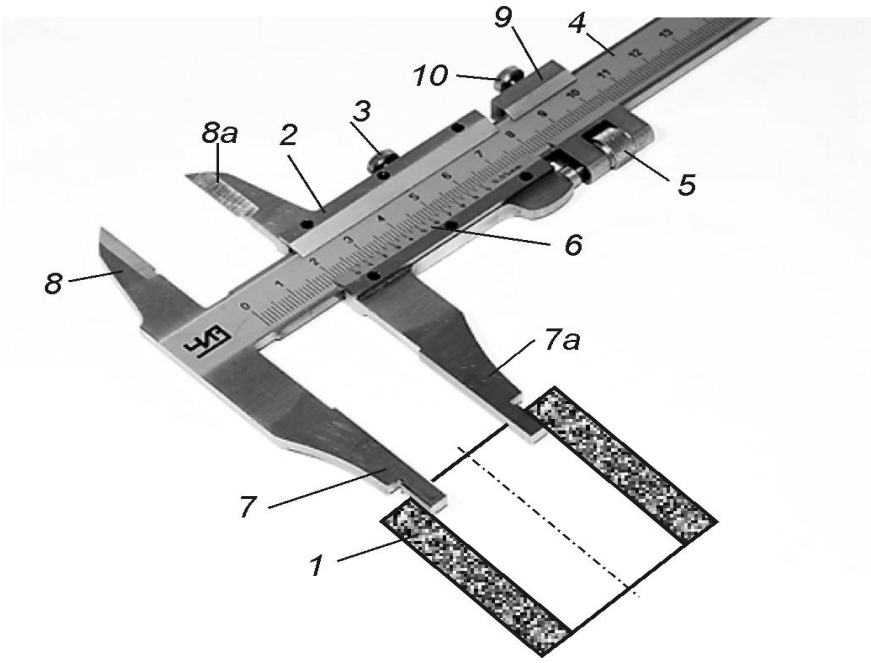



Рис. 1 Штангенциркуль с точностью отсчета по нониусу 0,05 мм

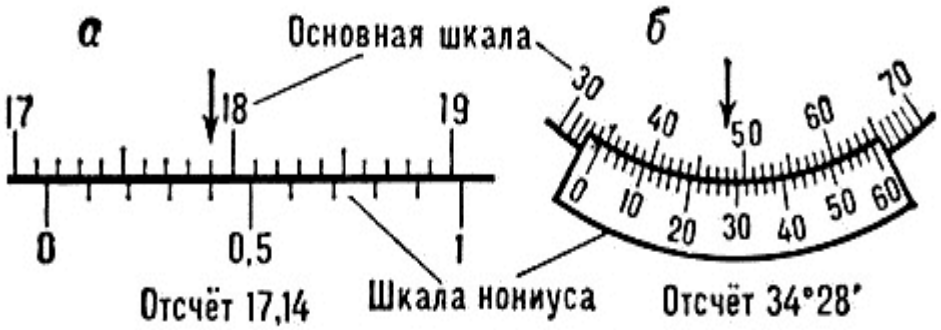



Рис. 2 Схема нониуса

Основными составляющими погрешности измерения штангенциркуля являются нормируемые в ГОСТ 166-80 погрешность показаний, просвет и неплоскостность измерительных поверхностей, изгиб штанги при измерении.

Удельный вес погрешностей, являющихся следствием неплоскостности губок и зазора между губками, невелик и какие-либо меры по сокращению этих погрешностей не приведут к заметному повышению точности.

Доминирующим источником погрешности измерения штангенциркулем, является погрешность отсчета. Поэтому повысить точность измерения можно за счет точности отсчета, например, за счет сокращения параллакса. При благоприятных условиях измерения глаз человека способен различать смещение штрихов при угловой величине 12-15".

Усилия поджима измерительных губок и контролируемой детали могут быть значительными и привести к заметному изгибу штанги, особенно в тех случаях, когда измерение осуществляется концами губок.

Погрешность измерения, вызванная поворотом одного крайнего сечения штанги относительно другого, будет равна

$$\Delta = l \cdot \varphi = P \cdot l^2 \cdot L \ /(E \cdot J), \quad \text{мм}, \qquad (4)$$

где $l$ – длина вылета губок; $\varphi$ – угол поворота одного крайнего сечения штанги относительно другого; $P$ – измерительное усилие; $L$- измеряемый размер; $E$ – модуль упругости материала штанги; $J$ – момент инерции поперечного сечения штанги.

Основные конструкции штангенциркулей приведены на рис. 3

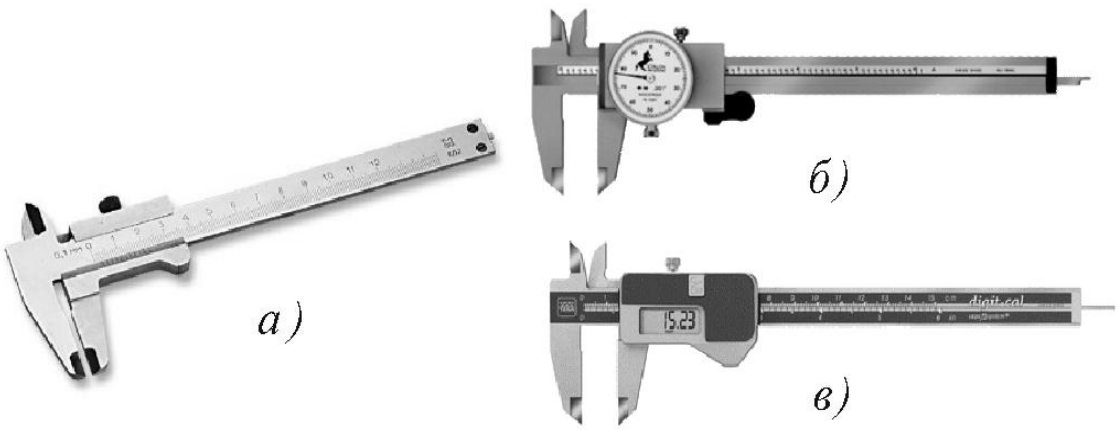



Рис. 3 Модели штангенциркулей: а) нониусный; б) индикаторный; в) цифровой

4.2.3. Гладкий микрометр

В соответствии с ГОСТ 6507-81 нашей промышленностью выпускаются гладкие микрометры типа МК с различными пределами измерения. Ос-

новные технические характеристики некоторых типов измерительных приборов приведены в табл. 3, 10.

4.2.4. Измерение гладким микрометром

При измерении деталей микрометром его держат в руках или устанавливают в специальной стойке. Перед началом измерений проверяют нулевую установку инструмента. Для этого у микрометров с пределами измерения 0-25мм, вращая микрометрический винт 2 (рис. 4) за головку трещотки

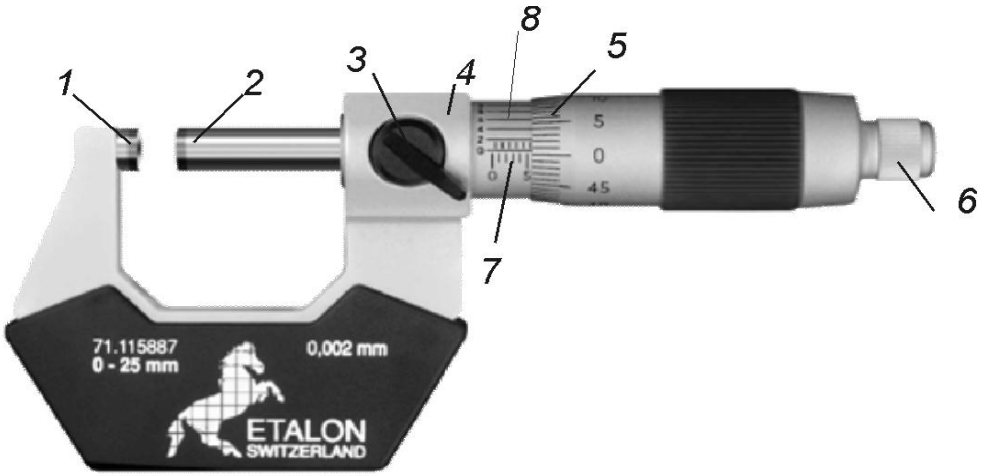



Рис. 4 Микрометр гладкий с ценой деления 0,002 мм

6, свести измерительные поверхности до соприкосновения. В этом положении скошенный край барабана 5 должен расположиться у нулевого штриха продольной шкалы стебля 4 (стебель 4 со встроенной гайкой 7 запрессован в корпус 1 прибора). Причем сам штрих должен быть полностью виден, а нулевой штрих круговой шкалы барабана 5 совпасть с продольной чертой (риской) стебля. Если совпадение не произойдет, то при сведенных измерительных поверхностях застопорить микрометрический винт стопором 3 и поворотом гайки 7 освободить от него жестко связанный с ним барабан 5. Вращая барабан 5, повернуть его до совпадения нулевого штриха круговой шкалы с продольной риской стебля 4. После этого снова закрепить барабан поворотом гайки 7 и отжать стопор 3.

Таблица 10

| Прибор | Тип, модель | Цена деления, мм | Диапазон измерений, мм | Измерит. усилие | Колебание измерит. усилия, не более | Диаметр измерит. поверхн., мм |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | сН | | |
| Микрометр гладкий | МК -25<br>МК -50<br>МК -75<br>МК -100<br>……<br>МК -600 | 0,01 | 0-25<br>25-50<br>50-75<br>75-100<br>…….<br>500-600 | 500-<br>900 | 200 | 8 |

Проверка нулевой установки у микрометров с пределами измерения 25 – 50 мм производится в том же порядке, но между их измерительными поверхностями зажимается (также вращением трещотки 6) специальная установочная или обычная плоско-параллельная концевая мера размером, равным нижнему пределу измерения микрометра, т. е. 25 мм. Нулевым штрихом продольной шкалы стебля 4 в данном случае служит штрих, соответствующий 25 мм. К этому штриху и должен непосредственно примыкать (или почти совпадать с ним) скошенный край барабана 5[x)] при нулевой настройке.

После установки прибора на нуль путем вращения головки трещотки 6 измеряемую деталь зажимают между измерительными поверхностями микрометрического винта 2 и пятки 8. Вращение головки 6 прекращают после трех щелчков трещотки и снимают отсчеты по шкалам микрометра. На рис. 5 приведены основные типы микрометров.

При отсчетах по шкалам микрометрических инструментов необходимо руководствоваться следующими правилами: по шкале стебля 4 отсчитывают миллиметровые и полумиллиметровые деления, расположенные левее скоса барабана 5, сотые доли миллиметра определяют по штриху барабана, совпадающему с продольной риской стебля 4.

---

[x)] Внимание! Использование барабана 5 для подвинчивания микрометрического винта недопустимо.

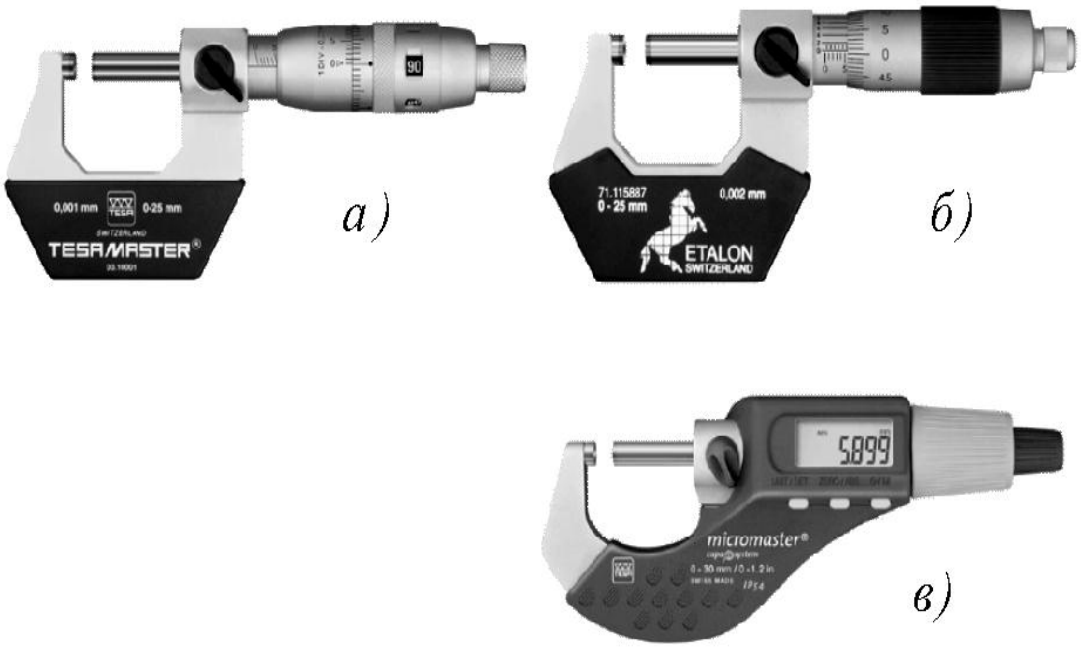



Рис. 5 Микрометры: а) гладкий; б) с нониусом; в) цифровой

Если продольный штрих окажется между штрихами шкалы барабана, на глаз оценивают часть интервала (обычно до 1/5 интервала, т. е. до 0,002 мм). На рис. 6 отсчет равен 6+0,27 = 6, 27 мм.

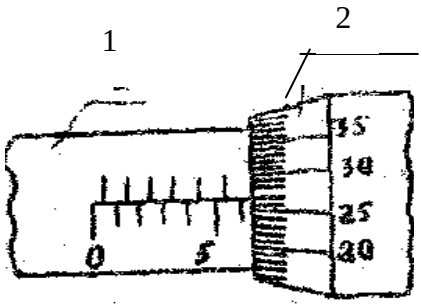



Рис. 6 Схема отсчета

Если при измерении размера ось микрометра находится в горизонтальном положении, то прибор нужно держать посередине левой рукой, а правой рукой при помощи трещотки, доводить измерительную поверхность микровинта до соприкосновения с поверхностью детали. Если же при изме-

рении ось микровинта располагается вертикально, то микрометр поддерживают левой рукой внизу скобы у пятки.

На погрешность измерения микрометрами оказывают влияние погрешности собственно микрометра, погрешности установочных мер или блоков концевых мер длины, непараллельность измерительных поверхностей, изгиб скобы под действием усилия и т. д.

У ряда микрометров температурные погрешности составляют значительную величину и необходимо принимать меры по уменьшению их влияния, например, при работе укреплять микрометр в стойке или держать за теплоизоляционные накладки.

Для сокращения влияния нагрева микрометра руками рекомендуется производить установку его на нуль через 5 – 10 мин после нахождения его в руках контролера или в течение этого времени чаще проверять установку на нуль, особенно, если микрометром работают периодически и в перерыве между работой он не находится в руках.

Погрешность при работе с микрометром равна 0,2 от цены деления. Погрешность от параллакса при отсчете составляет 0,1 от цены деления, т. е. 1 мкм.

4.2.5. Нутромер микрометрический

Основные параметры и размеры микрометрических нутромеров должны соответствовать требованиям ГОСТ 10 – 75. Технические характеристики микрометрических нутромеров с пределами измерения от 5 до 600 мм приведены в табл. 3.11.

Таблица 11

| Тип, модель | Цена деления, мм | Диапазон измерения, мм | | Измерительное усилие, сН |
|---|---|---|---|---|
| | | нутромеров | Микрометрической или индикаторной головки | |
| НМ50-75 | 0,01 | 50-75 | 50-63 | 150 |
| НМ75-175 | | 75-175 | 75-88 | |
| НМ75-600 | | 75-600 | 75-88 | |

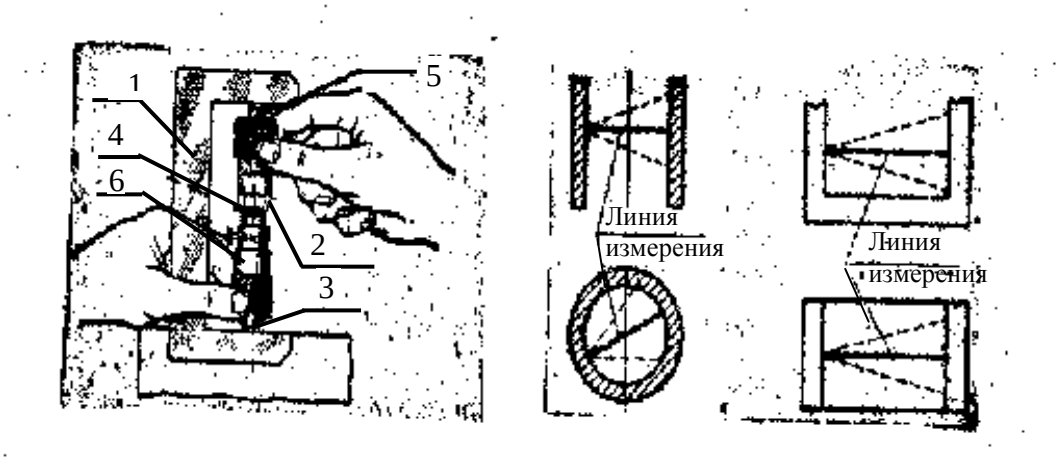
4.2.6. Измерение нутромером микрометрическим

Перед измерением осуществляют настройку головки микрометрического нутромера на нуль или с помощью концевой или специальной установочной меры (рис. 7а).

Головку 2, соединенную наконечником 3, помещают между рабочими поверхностями меры 1, при этом измерительную поверхность наконечника прижимают левой рукой к нижней рабочей поверхности меры. Правой рукой, покачивая верхнюю часть головки, поворачивают барабан 4, находя крат-

чайшее расстояние между губками меры, измерительные поверхности головки должны касаться рабочих поверхностей меры с легким трением.

Если нулевое деление барабана не совпадает с продольным штрихом стебля, ослабляют гайку 5, барабан поворачивают до совпадения нулевого штриха с продольным штрихом стебля и снова затягивают гайку на конце микровинта.




а) б) Схема измерения нутромером

Рис. 7 Микрометрический нутромер с ценой деления 0,01 мм

После установки головки с наконечником на нуль, его вывинчивают из микрометрической гильзы и к ней присоединяют необходимое количество удлинителей для расширения пределов измерения нутромеров.

Настройку нутромера на размер контролируемой детали производят следующим образом: от контролируемого размера необходимо отнять нижний предел измерения микрометрической головки с наконечником и подобрать соответствующий удлинитель (если необходимо – несколько удлинителей), считая от большего к меньшему. При этом сумма нижнего предела измерения микрометрической головки с наконечником и удлинителей должна быть меньше требуемого размера, но не более, чем на разность между пределами измерений микрометрической головки.

Микрометрическую головку устанавливают на такой размер, чтобы общая длина нутромера приблизительно соответствовала номинальной длине контролируемого изделия. При измерении цилиндрического отверстия линия измерения должна располагаться по наибольшему размеру в плоскости, пер-

пендикулярной к оси отверстия, и по наименьшему размеру в плоскости осевого сечения (рис. 7б).

Левой рукой измерительную поверхность наконечника прижимают к одной из поверхностей детали, а правой, осторожно вращая барабан, перемещают микрометрический винт головки (слегка покачивая при этом нутромер) до соприкосновения с поверхностью детали. Если при покачивании нутромера ощущается легкое трение при соприкосновении измерительных поверхностей микрометрической головки с измеряемой деталью, микрометрический винт закрепляют зажимным винтом 6. Затем проверяют усилие покачивания, которое должно быть с легким трением, после чего нутромер выводят из проверяемого отверстия и производят отсчет по шкалам (аналогично отсчету при измерении гладким микрометром см. рис. 6).

Таким образом, при измерении диаметра цилиндрического отверстия покачивание производится в плоскости его поперечного сечения (тем самым определяется наименьший размер). Результаты измерений записывают в бланк отчета.

4.2.7. Индикаторный нутромер

По ГОСТ 868-82 нутромеры типа НИ изготавливают с пределами измерений от 6 до 450 мм. Технические характеристики нутромеров приведены в табл. 12

Таблица 12

| Нутромер | Тип, модель | Цена деления, мм | Диапазон измерения, мм | Наибольшая глубина измерения, мм | Измерительное усилие, Н |
|---|---|---|---|---|---|
| Индикаторный | НИ 10 | 0,01 | 6-10 | 100 | 2,5 - 4 |
| | НИ 18 | | 10-18 | 130 | |
| | НИ 50А | | 18-50 | 150 | |
| | НИ 100-1 | | 50-100 | 200 | 4,7 |
| | …….. | | …….. | ……. | …… |
| | НИ 450В | | 250-450 | 1200 | 5 - 9 |

4.2.8. Измерение индикаторным нутормером

Перед измерением нутромер нужно настроить на требуемый размер, т. е. установить нулевое положение по блоку концевых мер [x)], соответствующему номинальному размеру контролируемого отверстия.

Как при установке на нуль, так и при измерении (рис. 8), нутромер необходимо покачивать, чтобы определить правильное его положение, отве-

чающее наименьшему расстоянию между боковиками 6 и 7, помещенными в струбцину 8 и зажатыми стопорным винтом 9.

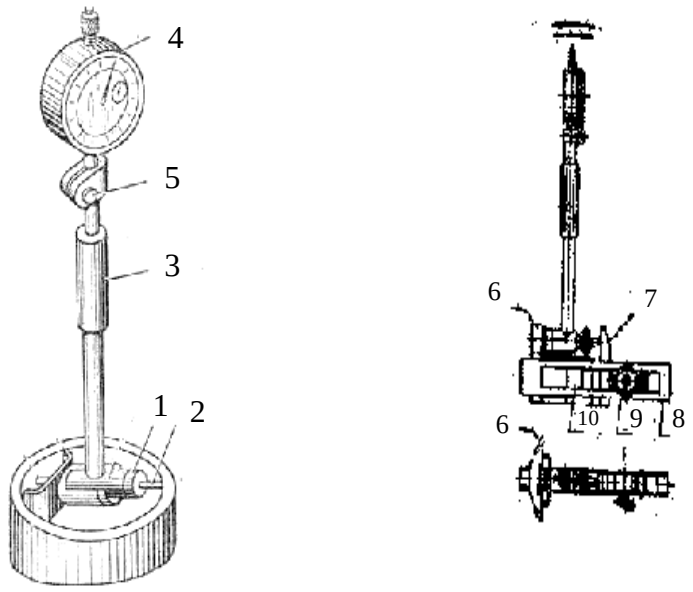



Рис. 8 Индикаторный нутромер с ценой деления 0,01 мм

Этому наименьшему расстоянию, равному блоку концевых мер 10, будет соответствовать крайнее левое положение стрелки, т.е. наименьшее показание по индикатору. К этому делению подводят нулевой штрих шкалы индикатора 4, вращая ободок индикатора либо сменный измерительный стержень 2 (выбирается нужного размера из комплекта к нутромеру и завинчивается в его корпус). Индикатор зажимается в корпусе нутромера стопорным винтом 5. Более точную установку на требуемый размер можно осуществлять, используя аттестованное установочное кольцо. Погрешность, вносимая неточным расположением центрирующего мостика 1, исключается. После установки сменный измерительный стержень закрепляют контргайкой и, проверив правильность нулевой установки, переставляют нутромер в контролируемое отверстие. Нутромер нужно поддерживать рукой за термоизолятор 3. Покачивая нутромер в отверстии, определяют отклонение от размера, на который он был настроен.

Отклонения, полученные при прямом ходе, т. е. при вращении по

---

x) Блок концевых мер рекомендуется брать второго класса

часовой стрелке, отнимают (т. к. измеряемое отверстие меньше настроечного размера), а отклонения, полученные при движении против часовой стрелки, прибавляют (размер отверстия больше настроенного размера) к блоку концевых мер.

Отверстия измеряют в сечениях и направлениях согласно схеме измерения. Полученные результаты заносят в бланк отчета.

ВНИМАНИЕ! После измерения необходимо проверить по блоку концевых мер, не сбилась ли нулевая установка нутромера! При отклонении стрелки больше, чем на половину деления шкалы, измерения считаются недействительными и их нужно провести заново, предварительно установив прибор на нуль.

4.3.Определение полной погрешности измерения

Погрешность изменения является суммарной погрешностью, к числу основных составляющих которой относятся:

Предельная погрешность измерительных средств ($\Delta_1$ ). Их величины берутся из табл. 2.3;

Погрешность метода измерения. При относительном методе настройку микрометрического и индикаторного нутромеров на номинальный размер производят по концевым мерам. В этом случае в погрешность измерения войдет не только погрешность измерительного средства ($\Delta_1$ ), но и предельная погрешность самой концевой меры ($\Delta_2$ ) ГОСТ 9038-73. При использовании блока, состоящего из нескольких мер, суммарная предельная погрешность может быть подсчитана по формуле

$$\Delta_{\Sigma_i} = \sqrt{\sum_{\Delta_i}{}^{2}} \tag{6}$$

Колебания толщины слоя между притертыми мерами в данной работе могут быть приняты равными 0,025…0,05 мкм (для одного слоя);

погрешности условий измерения. Значительных величие при измерении достигают погрешности, вызванные нарушением температурных условий (Δ3). Эти погрешности определяются по формуле:

$$\Delta_3 = l\left(k_1\Delta t_1 - k_2\Delta t_2\right), \tag{7}$$

где $l$ – измеряемый размер; k1 и k2 – коэффициенты линейного расширения соответственно измеряемой детали (см. табл. 13) и средства измерений, принимаемого равным – 20,9 $10^{-6}$ 1/град.; $\Delta t_1$ и $\Delta t_2$ – отклонение температуры измеряемой детали и средства измерений от нормального значения.

Определение температурной составляющей погрешности измерения, зависящей от разности коэффициентов линейного расширения материалов измеряемого объекта и измерительного средства, может быть осуществлено также с помощью номограммы (рис. 9);

– погрешности, связанные с измерительным усилием ($\Delta_4$). Подсчет некоторых из них имеется в методических указаниях на стр. 25;

– субъективные погрешности. Эту величину принимаем равной 0,2…0,3 мкм для размеров больше 10 мм.

Таблица 13

| Наименование материала | Коэффициент линейного расширения, I/град |
|---|---|
| Al | $21 - 25 \cdot 10^{-6}$ |
| Mg | $20 - 30 \cdot 10^{-6}$ |
| Ti | $8 - 9 \cdot 10^{-6}$ |
| стали | $10 - 16 \cdot 10^{-6}$ |

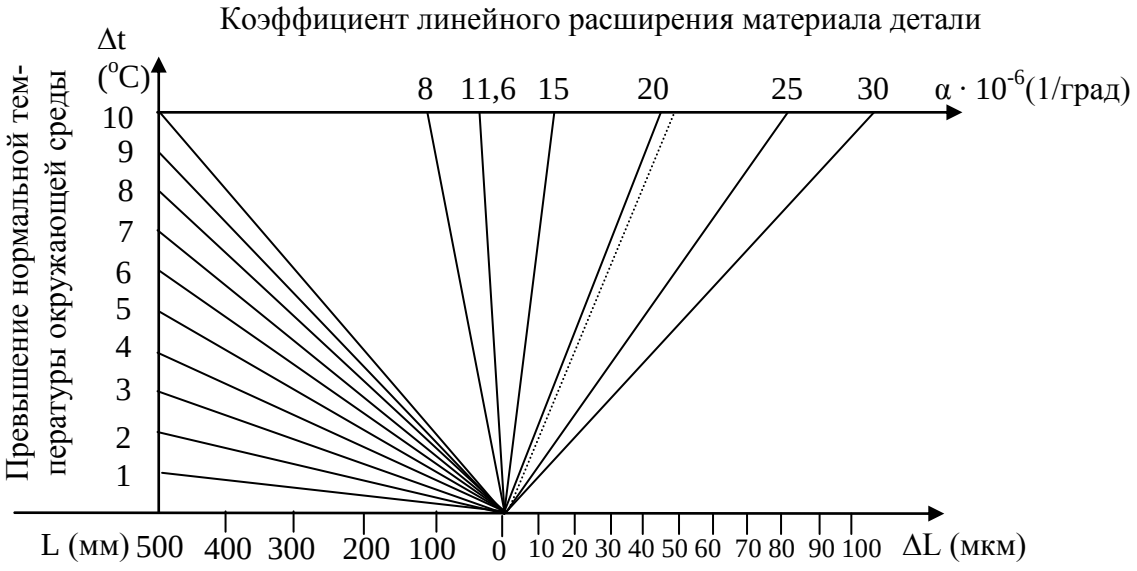



Рис. 9. Номограмма температурной составляющей погрешности измерения

4.4.Оценка достоверности результатов измерений

Результаты измерений никогда в точности не равны истинным значениям измеряемых величин. Различие обусловлено влиянием множества факторов, включающих условия измерений, ошибки операторов, выполняющих измерения и т.п.

Для нормального закона распределения, наиболее распространенного при измерении линейных величин, окончательно результат измерения записывается следующим образом:

$$\begin{matrix} x_в \\ x_н \end{matrix} = \left| \bar{x} \pm \frac{\Delta_и}{\sqrt{n}}, P \right. \qquad (8)$$

где $\overline{X}$ - среднеарифметическое выборки (результатов измерений); $\Delta_и$ – погрешность результата измерений (мкм). Подсчет данной величины см. 4.3; n – число измерений; P – вероятность, с которой результат измерения находится в доверительных границах $\bar{x} \pm \frac{\Delta_и}{\sqrt{n}}$. Если при измерениях не были допущены грубые ошибки, вероятность равна 0,99…0,9973.

При n = 1

$$\begin{matrix} x_в \\ x_н \end{matrix} = \left| \bar{x} \pm \Delta_и . \right. \qquad (9)$$

Более подробно сведения по данному вопросу изложены на стр. 9, 10 методических указаний [3].

4.5. Анализ результатов измерений и формулировка заключения о годности детали

На основе полученных результатов измерения определяются:

– Наименьший и наибольший размеры детали (рекомендуется подчеркнуть в бланке отчета);

– Наибольшие абсолютные отклонения формы как в продольном, так и в поперечных сечениях (предварительно ознакомиться с ГОСТ 24642-61), рассчитанные по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}, \qquad (10)$$

где $d_{max}$ и $d_{min}$ - наибольший и наименьший диаметры из всех действительных размеров, измеренных в поперечном (овальность) и в продольном сечениях (конусообразность).

Заключение о годности детали дается совместно по размеру и погрешности формы.

Деталь годна с ДВ ≥ 0,9973, если не только доверительный интервал, построенный для действительного размера, находится между наибольшими и наименьшими предельными размерами, но и отклонения формы не превышают величину допусков на размер.

При этом возможны следующие варианты:

– Доверительный интервал выходит за границу поля допуска, действительный размер и значения отклонений от круглости и профиля продольного сечения лежат в поле допуска. Деталь годна с ДВ ≤0,9973;

– Действительный размер или отклонения формы выходят за границу поля допуска. Деталь признается браком (исправимый или неисправимый).

# ЛИТЕРАТУРА


1. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология. – М.: Логос, 2001.
2. ГОСТ 8.051-81. Погрешности, допускаемые при измерениях линейных размеров от 1 до 500 мм.

ГОСТ 8.050-73. ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений.

ГОСТ 25346-82. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.

ГОСТ 25347-82. Поля допусков и рекомендуемые посадки. РТМ – 1.4.331-81. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров от 1 до 500 мм.

3. Бобрик П.И., Белых Л.И., Токмакова Т.В., Методические указания. Контроль гладких предельных калибров. – М.: МАТИ, 2006.


ОГЛАВЛЕНИЕ


**ВВЕДЕНИЕ** ..... **3**

**1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ** ..... **3**

**2. ВЫБОР И НАЗНАЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ** ..... **4**

2.1. Порядок выполнения работы (1- я часть, основные этапы): ..... 4
2.2. Поля допусков рабочих деталей и расчет их предельных размеров ..... 4
2.3. Схема выбора средств измерений (СИЗ). Допускаемые погрешности измерений ..... 5

**3. УСТАНОВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НОРМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ** ..... **8**

3.1. Порядок выполнения работы (2-я часть, основные этапы): ..... 8
3.2. Требования к внешним условиям выполнения линейных измерений в лаборатории ..... 9

**4. КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ. МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИБОРАХ** ..... **13**

4.1. Порядок выполнения работы (3-я часть, основные этапы): ..... 13
4.2. Методики работы на универсальных измерительных приборах ..... 14
*4.2.1. Штангенциркуль* ..... *14*
*4.2.2. Измерение штангенциркулем* ..... *16*
*4.2.3. Гладкий микрометр* ..... *18*
*4.2.4. Измерение гладким микрометром* ..... *19*
*4.2.5. Нутромер микрометрический* ..... *22*
*4.2.6. Измерение нутромером микрометрическим* ..... *22*
*4.2.7. Индикаторный нутромер* ..... *24*
*4.2.8. Измерение индикаторным нутормером* ..... *24*
4.3.Определение полной погрешности измерения ..... 26
4.4.Оценка достоверности результатов измерений ..... 27
4.5. Анализ результатов измерений и формулировка заключения о годности детали ..... 28

**ЛИТЕРАТУРА** ..... **29**

| «МАТИ»-РГТУ им. К.Э.Циолковского Кафедра «ТПДЛА» Лаборатория Метрология | ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ. КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ | Работа |
|---|---|---|
| | | Группа |
| | | Фамилия |
| | | Дата |

| Схемы расположения полей допусков деталей | Эскизы деталей с указанием контролируемых сечений |
|---|---|
| | |

Выбор и назначение измерительных средств

| № и обозначение номинального размера на чертеже | Допуск размера | Предельные | | | | Допустимая погрешность измерения | Наименов. измерит. средств | Точностные параметры СИЗ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Отклонения, мкм | | Размеры, мм | | | | Предельн. погрешн. $\Delta_п$, мкм | Цена деления, мкм | Диапазон,мм | |
| | | ES (es) | EI (ei) | max | min | | | | | Измерений | Показания отчетного устройства |
| 1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |

Требования к внешним условиям по ГОСТ

| Наиеменование нормируемых параметров влияющих величин | Единица измерения | Нормальные пределы значений влияющих величин | | | Выход действительного значения погрешности СИЗ за предел допускаемой основной погрешности | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Контролируемые размеры | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |

6 Внешние условия в лаборатории

| Температура, °С | Влажность, % | Атмосферное давление, мм рт. ст. |
|---|---|---|
| | | |

Результаты измерений и заключение о годности

| № обозн. размера на чертеже | Наименование прибора | Размер блока концевых мер | Направление | Показания прибора при измерении, мкм | | | Действ. размер с учетом размера блока, мкм | | | Значения отклонений формы | | | Заключение о годности | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Сечения | | | | | | По ГОСТ | Действит. | | С построен. доверит. интервала | По отклонен. формы |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | Овальность | Конусность | | |
| 1 | | | I | | | | | | | | | | | |
| | | | II | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | I | | | | | | | | | | | |
| | | | II | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | I | | | | | | | | | | | |
| | | | II | | | | | | | | | | | |

| Общее заключение о годности | 1.<br>2.<br>3. |
|---|---|
| Дата выполнения работы и подпись студента | Дата сдачи работы |
| Подпись лаборанта | Подпись преподавателя. |

Белых Лидия Ивановна

Токмакова Татьяна Владимировна

# ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ
# КОНТРОЛЬ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Методическое указание к лабораторной работе
по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация»

Редактор А.Н.Прохорова

Подп.в печ. 17.10.05 Объём 2 п. л. Тираж 75 Заказ 479

Типография МАТИ, Берниковская наб., 13.

# МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ

1. Методы и средства обеспечения единства измерений. Построение поверочных схем.
2. Система ЕСКД.
3. Стандартные отклонения формы поверхностей.
4. Система допусков и посадок конических соединений. Инструментальные конусы.
5. Основные, производные и дополнительные единицы физических величин в системе СИ. Кратные и дольные приставки.
6. Стандартные отклонения расположения поверхностей.
7. Система ЕСТД.
8. Расчѐт плоских размерных цепей.
9. Методы измерений: прямые, косвенные, абсолютные и относительные.
10. Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей (радиальные и торцевые биения).
11. Система допусков и посадок метрических резьб.
12. Нормы точности по боковому зазору зубчатых колѐс. Виды сопряжений и допусков. Примеры обозначения.
13. Понятие метрологии. Основные задачи метрологии.
14. Обозначение допусков формы и расположения поверхностей.
15. Методы измерения и контроля резьбовых деталей.
16. Понятие контакта зубьев в передаче. Основные показатели.
17. Стандартные показатели шероховатости поверхности: Ra, Rz, Rmax, Sm, S, tp: определения, правила простановки на чертежах.
18. Характеристики и обозначения посадок трапецеидальных и упорных резьб.
19. Понятие плавности работы зубчатой передачи. Погрешность профиля зуба и другие показатели.
20. Международные и государственные организации по стандартизации. Их функции и основы структуры.
21. Виды размеров, предельные отклонения. Понятие о допусках и посадках.
22. Комплексный контроль резьб.
23. Система ЕСТПП.
24. Понятие и измерение измерительного межосевого расстояния зубчатых колѐс.
25. Понятие основного вала и основного отверстия.
26. Индикатор часового типа: конструкция, метрологические показатели, примеры применения.
27. Факторы, влияющие на выбор средств измерения.
28. Понятие и измерение длины общей нормали зубчатого колеса.

29. Классификация отклонений и видов геометрии реальных поверхностей деталей.
30. Скоба рычажная: конструкция, метрологические показатели, примеры применения.
31. Дифференцированный (поэлементный) контроль резьбы.
32. Понятие радиального биения зубчатого венца.
33. Принцип экономии металла при назначении полей допусков.
34. Самостоятельный подбор посадок для гладких цилиндрических соединений.
35. Измерительные микроскопы: конструкция, схемы измерений, метрологические показатели.
36. Способ допусков единого квалитета при расчѐте размерных цепей различными методами.
37. Типы гладких цилиндрических соединений и принципы назначения предельных зазоров, натягов.
38. Устройство и принцип действия ротаметра.
39. Посадки прямобочных шлицевых соединений для различных видов центрирования: Особенности применения, примеры обозначения.
40. Теоретико-вероятностный метод при расчѐте размерных цепей. Сущность. Преимущества и недостатки.
41. Система отверстия и система вала. Случаи их применения.
42. Метод пригонки при расчѐте размерных цепей. Сущность. Область применения. Последовательность расчѐта.
43. Особенности назначения посадок для соединений с применением подшипников качения.
44. Бесконтактные КИМ типа систем технического зрения. Принцип действия. Особенности конструкции. Метрологические показатели.
45. Метод регулирования при расчѐте размерных цепей. Сущность. Область применения. Последовательность расчѐта.
46. Категории стандартов.
47. Калибры: конструкция, схемы полей допусков, принцип Тейлора.
48. Бесконтактные лазерные КИМ. Принцип действия. Особенности конструкции. Метрологические показатели.
49. Принцип масштабных коэффициентов: понятие единицы допуска.
50. Виды погрешностей и законы их сложения.
51. Посадки эвольвентных шлицевых соединений для различных видов центрирования.
52. Контактные КИМ типа «измерительная рука». Особенности конструкции. Метрологические показатели.
53. Виды размеров, предельные отклонения.
54. Обозначение шероховатости поверхности и видов неровностей.
55. Классификация средств измерения.

56. Контактные КИМ портального типа. Особенности конструкции. Метрологические показатели.

57. Понятие системы и схем сертификации.

58. Зависимый и независимый допуск формы и расположения.

59. Метрологические показатели средств измерения.

60. Вертикальный оптиметр: конструкция, метрологические показатели, методика измерения.

61. Посадки шпоночных соединений.

62. Методика выбора средств измерения.

63. Нутромеры: конструкция, метрологические показатели, методика измерения.

64. Метод максимума-минимума при расчѐте размерных цепей. Сущность. Преимущества и недостатки.

65. Обозначение точности зубчатых колѐс. Выбор степеней точности.

66. Понятие сертификации. Формы и объекты сертификации.

67. Схемы полей допусков для различных типов посадок.

68. Системы допусков углов.

69. Понятие доверительного интервала для практического и теоретического распределения случайных величин и доверительной вероятности.

70. Прямая и обратная задача при расчѐте размерных цепей.

71. Классификация координатно-измерительных машин. Особенности их конструкции.

72. Понятие и измерение кинематической точности зубчатой передачи и колеса.

73. Способ равных допусков при расчѐте размерных цепей различными методами.

74. Понятие и измерение накопленной погрешности шага зубчатого колеса.

75. Методы назначения посадок для гладких цилиндрических соединений.

76. Измерительный штанген- и микрометрический инструмент: разновидности, основные метрологические показатели.

77. Средства измерения углов и их метрологические показатели.

78. Старая система ОСТ полей допусков ГЦС.

79. Понятие унификации, агрегатирования, типизации, симплификации.

80. Средства измерения отклонений формы.

81. Основные принципы стандартизации.

82. Активный и пассивный контроль.

83. Виды погрешностей средств измерения. Классы точности приборов.

84. Понятие размерных цепей. Виды звеньев. Типы цепей.