Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.06.2026 12:15:50
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
/М.Р. Рыбакова/
«26» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И МЕТРОЛОГИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Направление подготовки/ специальность
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль/ специализация
Поршневые двигатели и турбомашины

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026

Разработчик(и):
к.т.н., доцент  /А.В. Шабанов/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», д.т.н.  /Г.Г. Надарейшвили/

Оглавление

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины 6
3.3. Содержание дисциплины 7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 9
3.4.1. Семинарские/практические занятия 9
3.4.2. Лабораторные занятия 9
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 10
4.2. Основная литература 11
4.3. Дополнительная литература 11
4.4. Электронные образовательные ресурсы 12
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 12
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 12
5. Материально-техническое обеспечение 13
6. Методические рекомендации 13
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 13
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 14
7. Фонд оценочных средств 15
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 15
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 17
7.3 Оценочные средства 20

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в области нормирования точности геометрических параметров изделий, методов и средств измерений, а также основ взаимозаменяемости, необходимых для обеспечения качества, надёжности и эффективности эксплуатации поршневых двигателей и турбомашин при их проектировании, изготовлении и контроле на втором этапе сквозного проектирования.

Задачами дисциплины являются:

– изучение основных понятий и принципов обеспечения взаимозаменяемости в машиностроении;

– освоение единой системы допусков и посадок (ЕСДП) для гладких цилиндрических соединений, а также нормирования точности формы, расположения и волнистости поверхностей;

– формирование навыков назначения обоснованных допусков и посадок для типовых соединений деталей поршневых двигателей (поршень-цилиндр, вал-втулка, подшипники качения и скольжения);

– изучение методов расчёта размерных цепей для обеспечения собираемости узлов и механизмов двигателя;

– приобретение навыков нормирования точности параметров резьбовых, шпоночных, шлицевых и других распространённых соединений;

– освоение методов и средств контроля геометрических параметров деталей, включая универсальные средства измерений и специализированное контрольно-измерительное оборудование;

– формирование понимания метрологического обеспечения производства, методов оценки погрешностей измерений и обработки результатов.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-6. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	**ИОПК-6.1.** Умеет проводить измерения электрических и неэлектрических величин при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок

Роль дисциплины в формировании компетенций:

Формирующая. Дисциплина обеспечивает знания о методах и средствах измерения линейных и угловых величин, давления, температуры, расхода, частоты вращения, крутящего момента, а также навыки обработки результатов измерений и оценки погрешностей. В ходе лабораторных работ студенты осваивают работу с измерительным оборудованием (штангенциркули, микрометры, индикаторные нутромеры, профилометры, твердомеры), что формирует умение проводить измерения электрических и неэлектрических величин при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок (ИОПК-6.1).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Нормирование точности и метрология в энергетическом машиностроении»** относится к **обязательной части блока Б.1** учебного плана (код дисциплины: Б1.1.14) и изучается в **3-м семестре**.

Данная дисциплина обеспечивает **второй этап сквозного проекта «3D-моделирование, создание цифрового двойника»**, создавая базу для назначения обоснованных допусков и посадок при оформлении конструкторской документации и обеспечивая понимание методов контроля качества при изготовлении и испытаниях на последующих этапах.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении следующих дисциплин и курсов:

- **Математика** (школьный курс, а также дисциплины «Линейная алгебра» (Б1.1.26.1, 1 семестр) и «Математический анализ» (Б1.1.26.2, 2 семестр): знание основ теории вероятностей и математической статистики необходимо для обработки результатов измерений и оценки погрешностей.
- **Физика** (школьный курс, а также дисциплина «Физика» (Б1.1.26.3, 2-3 семестры): понимание физических принципов работы измерительных приборов и методов измерений необходимо для освоения метрологии.
- **Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин** (Б1.1.9, 1-2 семестры): знание правил оформления чертежей необходимо для понимания того, как на чертежах обозначаются допуски и посадки.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении следующих дисциплин и освоении элементов образовательной программы, обеспечивая последующие этапы сквозного проекта:

- **Конструирование и расчет механизмов энергетических установок** (Б1.1.22, 5-6 семестры) и **Конструирование поршневых двигателей** (Б1.2.8, 6 семестр): назначение обоснованных допусков и посадок является неотъемлемой частью процесса конструирования и оформления чертежей (III этап).
- **Конструирование лопаточных машин** (Б1.2.13, 7 семестр) и **Разработка конструкторской документации на двигатели и их компоненты** (Б1.2.15, 7 семестр): требуют применения знаний о нормировании точности при разработке полного комплекта КД (IV этап).
- **Технологическая подготовка производства в машиностроении** (Б1.2.16, 7 семестр): знание допусков необходимо для разработки технологических процессов, обеспечивающих требуемую точность обработки (IV этап).
- **Методы испытаний поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.14, 7 семестр): требуют знаний методов и средств измерений для проведения экспериментальных исследований (IV этап).
- **Диагностика и техническая эксплуатация поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.18, 8 семестр): знание допусков необходимо для оценки технического состояния и износа деталей (V этап).
- Все последующие дисциплины, связанные с конструированием, расчётом, изготовлением, испытаниями и эксплуатацией двигателей, а также подготовка и защита выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2 зачетные единицы (72 часа)**.

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			3
1	Аудиторные занятия	36	36
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	–	–
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	Самостоятельная работа	36	36
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Диф.зачет	Диф.зачет
	Итого	**72**	**72**

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 3	**Нормирование точности и метрология**					
1	Тема 1. Введение. Основы метрологии и нормирования точности	10	4	2	2	2
2	Тема 2. Основы теории погрешностей. Обработка результатов измерений	12	4	2	2	4
3	Тема 3.	16	6	2	4	4

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Единая система допусков и посадок (ЕСДП). Гладкие цилиндрические соединения					
4	Тема 4. Допуски и посадки типовых соединений в двигателестроении	16	6	2	4	4
5	Тема5. Допуски формы и расположения поверхностей. Шероховатость	12	4	2	2	4
6	Тема6. Размерные цепи и методы их расчёта	12	4	2	2	4
7	Тема7. Средства и методы измерения линейных и угловых величин	12	4	2	2	4
8	Тема8. Измерения параметров двигателей при испытаниях и диагностике	12	4	2	2	4
9	Подготовка к дифференцированному зачёту	6	–	–	–	6
	Итого за 1 семестр	**72**	**36**	**18**	**18**	**36**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 3. Нормирование точности и метрология

Тема 1. Введение. Основы метрологии и нормирования точности
Роль дисциплины в сквозном проектировании: обеспечение качества, взаимозаменяемости и достоверности контроля при создании и испытаниях двигателей. Основные понятия метрологии: физическая величина, единица величины, измерение, средство измерений, эталон. Виды и методы измерений (прямые, косвенные, совокупные, совместные). Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Понятие о взаимозаменяемости и её видах (полная, неполная, внешняя, внутренняя). Стандартизация как основа нормирования точности.

Тема 2. Основы теории погрешностей. Обработка результатов измерений
Погрешность измерения: классификация (систематические, случайные, грубые). Причины возникновения погрешностей. Законы распределения случайных погрешностей. Точечные и интервальные оценки результатов измерений. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Правила округления и представления результатов измерений. Погрешности косвенных измерений. Расчёт суммарной погрешности. Оценка точности и достоверности результатов испытаний двигателей . Методики обработки экспериментальных данных .

Тема 3. Единая система допусков и посадок (ЕСДП). Гладкие цилиндрические соединения
Основные понятия: номинальный, действительный, предельные размеры; допуск размера; поле допуска; квалитет; основное отклонение. Единая система допусков и посадок (ЕСДП). Интервалы размеров. Обозначение полей допусков и посадок на чертежах. Рекомендуемые посадки в системе отверстия и системе вала. Расчёт и выбор посадок с зазором, натягом и переходных. Применение в сопряжениях двигателя (гильза-блок, поршневой палец-бобышка, вал-втулка).

Тема 4. Допуски и посадки типовых соединений в двигателестроении
Нормирование точности подшипников качения. Поля допусков для сопряжений с подшипниками качения на валу и в корпусе. Выбор посадок для подшипников в зависимости от условий работы. Допуски и посадки шпоночных и шлицевых соединений. Обозначение на чертежах. Применение в приводе ГРМ, соединениях валов. Допуски резьбовых соединений. Основные параметры метрической резьбы. Степени точности и поля допусков. Суммарный допуск резьбы. Контроль резьбы. Допуски зубчатых передач (основные понятия).

Тема 5. Допуски формы и расположения поверхностей. Шероховатость
Отклонения и допуски формы (прямолинейности, плоскостности, круглости, цилиндричности, профиля продольного сечения). Отклонения и допуски расположения (параллельности, перпендикулярности, наклона, соосности, симметричности, позиционный допуск). Суммарные допуски формы и расположения (радиальное и торцовое биение). Обозначение допусков на чертежах. Принцип независимых и зависимых допусков. Шероховатость поверхности: параметры (Ra, Rz, Rmax, Sm, S, tp), правила обозначения на чертежах. Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей (износостойкость, усталостная прочность).

Тема 6. Размерные цепи и методы их расчёта
Основные понятия размерных цепей: звено, замыкающее звено, увеличивающие и уменьшающие звенья. Классификация размерных цепей (конструкторские, технологические, измерительные). Методы расчёта размерных цепей: метод полной взаимозаменяемости (максимума-минимума), вероятностный метод. Прямая и обратная задачи. Расчёт размерных цепей, обеспечивающих сборку узлов двигателя (поршневая группа, кривошипно-шатунный механизм, клапанный механизм). Примеры расчёта .

Тема 7. Средства и методы измерения линейных и угловых величин
Классификация средств измерений: меры, калибры, универсальные измерительные средства (штангенинструмент, микрометрические инструменты, индикаторы, оптиметры, измерительные микроскопы, координатно-измерительные машины). Выбор средств измерений в зависимости от точности. Понятие о калибрах (гладкие, резьбовые, шлицевые). Контроль калибрами. Методы измерения углов (угломеры, синусные линейки).

Тема 8. Измерения параметров двигателей при испытаниях и диагностике Задачи метрологического обеспечения испытаний двигателей . Измерение давления (манометры, датчики давления), температуры (термопары, термометры сопротивления), расхода топлива и воздуха (расходомеры, мерные баки), частоты вращения (тахометры, датчики частоты), крутящего момента и мощности (тормозные стенды, датчики момента). Погрешности измерений при стендовых испытаниях. Нормирование погрешностей в соответствии с ГОСТ 10448 . Оценка точности и достоверности результатов испытаний . Методы технической диагностики двигателей по измеряемым параметрам . Параметрические методы диагностирования .

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Семинарские/практические занятия по дисциплине не предусмотрены.

3.4.2. Лабораторные занятия

№ п/п	№раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
1	Тема 2	Статистическая обработка результатов многократных измерений. Оценка погрешностей	2
2	Тема 3	Определение предельных размеров, допусков и зазоров (натягов) в гладких цилиндрических соединениях	2
3	Тема 3	Расчёт и выбор посадок для сопряжения «гильза цилиндра – блок»	2
4	Тема 4	Измерение параметров резьбы резьбовыми микрометрами и калибрами	2
5	Тема 4	Контроль шпоночных и шлицевых соединений	2
6	Тема 5	Измерение отклонений формы и расположения поверхностей на универсальных приборах	2
7	Тема 5	Измерение параметров шероховатости поверхности на профилометре (профилографе)	2
8	Тема 6	Обработка результатов измерений параметров двигателя при стендовых испытаниях	2
9	Тема 7	Измерение линейных размеров штангенциркулем, микрометром, индикаторным нутромером	2
	Итого		**18**

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Результаты освоения дисциплины используются при назначении обоснованных допусков и посадок на чертежах деталей и сборочных единиц проектируемого двигателя на этапе создания конструкторской документации, а также при планировании и обработке результатов испытаний.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

Общие основы метрологии и терминология:

ГОСТ 8.001-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения»
ГОСТ 8.010-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Термины и определения»
ГОСТ 8.005-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Основные метрологические понятия и определения»
Эти стандарты обеспечивают базовое понимание метрологии, её роли и терминологии (Лекции 1, 9).

2. Погрешности и точность измерений:

ГОСТ 8.207-76 «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности измерений. Основные понятия и определения»
ГОСТ 8.401-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методы оценки погрешностей измерений»
Эти ГОСТы регламентируют виды погрешностей, методы их оценки и снижения (Лекция 2).

3. Средства измерений и их классификация:

ГОСТ 8.326-2012 «Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений. Общие требования»
ГОСТ 8.315-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений. Классификация»
Рассматривают типы средств измерений, их характеристики и области применения (Лекция 3).

4. Линейные и угловые измерения:

ГОСТ 166-89 «Средства измерений длины. Штангенциркули. Технические условия»
ГОСТ 6507-90 «Средства измерений длины. Микрометры. Технические условия»
ГОСТ 17435-80 «Средства измерений углов. Угломеры. Технические условия»
Регламентируют требования к основным инструментам для измерения линейных и угловых размеров (Лекция 4, лабораторные 1-3).

5. Измерение шероховатости и геометрической формы:

ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Термины и определения»
ГОСТ 22267-76 «Измерение шероховатости поверхностей. Методы и приборы»
ГОСТ 24642-81 «Измерение геометрической формы поверхностей»
Для изучения параметров шероховатости и контроля формы (Лекция 5, лабораторная 4).

6. Измерение температуры, давления и вибраций:

ГОСТ 8.586-2005 «Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений температуры»
ГОСТ 8.273-81 «Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений давления»
ГОСТ 22267-93 «Измерение вибраций. Общие требования»
ГОСТ 27570.1-87 «Средства измерений вибраций. Технические условия»
Обеспечивают нормативную базу для измерений параметров работы двигателей (Лекция 6, лабораторные 5-6).

7. Контроль качества и неразрушающий контроль (НК):

ГОСТ 18442-79 «Методы ультразвукового контроля»
ГОСТ 23518-79 «Методы магнитного контроля»
ГОСТ 18477-87 «Методы радиационного контроля»
Для изучения методов НК деталей двигателей (Лекция 7, лабораторная 7).

8. Автоматизация и цифровые измерения:

ГОСТ Р 8.563-2017 «Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений цифровые. Общие требования»
ГОСТ Р 57306-2016 «Системы автоматизированного проектирования. Термины и определения»
Рассматривают цифровые приборы и программное обеспечение для обработки измерительных данных (Лекция 8, лабораторная 8).

9. Метрологическое обеспечение, калибровка и поверка:

ГОСТ 8.326-2012 (уже упомянут)
ГОСТ 8.563-2017 (также применимо)
ГОСТ 8.315-2013 (классификация средств измерений)
ГОСТ 8.401-80 (методы оценки погрешностей)
ГОСТ 8.207-76 (погрешности измерений)
ГОСТ 8.010-2011 (термины и определения)
ГОСТ 8.051-81 «Государственная система обеспечения единства измерений. Калибровка средств измерений»
ГОСТ Р 8.563-2017 «Поверка средств измерений»

4.2. Основная литература

1. Федотов, А. И. Метрология : учебник для вузов / А. И. Федотов, С. К. Лисин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 168 с. — ISBN 978-5-507-53203-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/478223

4.3. Дополнительная литература

1. Косолапов, Е. В. Метрология : учебное пособие / Е. В. Косолапов. — Киров : ВятГУ, 2024. — 124 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/457685
2. Белая, М. Н. Метрология : учебное пособие / М. Н. Белая. — Севастополь : СевГУ, 2022. — 215 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/301646

3. Клейменова, Н. Л. Теоретическая и прикладная метрология: теоретическая метрология. Практикум : учебное пособие / Н. Л. Клейменова, Л. И. Назина. — Воронеж : ВГУИТ, 2025. — 79 с. — ISBN 978-5-00032-734-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/504445

4.4. Электронные образовательные ресурсы

Измерительные технологии в двигателестроении
https://online.mospolytech.ru/user/index.php?id=15715

4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для освоения дисциплины и выполнения учебных, научно-исследовательских и проектных работ в рамках образовательной программы рекомендуется использование следующего лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Microsoft Windows – лицензионная операционная система, используемая для обеспечения работы всех учебных компьютеров и персональных устройств в аудиториях университета. Доступна на всех компьютерах университета в рамках лицензионного соглашения. Студенты могут использовать свободно распространяемые альтернативы (Linux, Astra Linux) для выполнения учебных задач.

Microsoft Office – лицензионный пакет офисных приложений, включающий текстовый редактор Word, табличный процессор Excel, программу для создания презентаций PowerPoint. Используется для оформления расчётно-пояснительных записок, отчётов, презентаций и другой учебной документации. Доступен на компьютерах университета. Свободными аналогами являются LibreOffice и OpenOffice.

КОМПАС-3D – российская система трёхмерного моделирования, широко используемая в отечественном машиностроении. Позволяет выполнять параметрическое моделирование, создавать чертежи в соответствии с ЕСКД, проводить прочностные расчёты в среде APM FEM. Учебная версия доступна для свободного скачивания на сайте разработчика (https://kompas.ru).

4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для успешного освоения образовательной программы и выполнения научно-исследовательских, проектных и выпускных квалификационных работ студентам рекомендуется использовать следующие современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – крупнейшая российская электронная библиотека научных публикаций, интегрированная с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ). Содержит полнотекстовые статьи из научных журналов по энергетическому машиностроению, двигателестроению и смежным отраслям. Позволяет отслеживать публикационную активность и находить актуальные исследования. Доступ открыт с любого компьютера через сеть Интернет по адресу: https://elibrary.ru.

КиберЛенинка – научная электронная библиотека открытого доступа. Содержит полнотекстовые научные статьи, в том числе по техническим наукам, энергетическому машиностроению и двигателестроению. Все материалы доступны бесплатно. Адрес ресурса: https://cyberleninka.ru.

Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (docs.cntd.ru**)** – бесплатная база нормативных документов, включающая ГОСТы, технические условия, строительные нормы и правила. Удобна для оперативного поиска актуальных стандартов, необходимых при проектировании и расчётах деталей и узлов двигателей. Адрес: https://docs.cntd.ru.

Росстандарт (ФГУП «Стандартинформ») – официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Содержит информацию о действующих стандартах, технических регламентах и нормативных документах. Адрес: https://www.gost.ru.

Научная библиотека Московского политехнического университета – электронный каталог библиотеки университета, содержащий информацию о фондах учебной и научной литературы. Доступен с любого устройства, имеющего подключение к интернету. Адрес: https://lib.mospolytech.ru.

«Известия вузов. Машиностроение» – рецензируемый научный журнал открытого доступа, публикующий статьи по актуальным проблемам машиностроения, включая двигателестроение. Входит в перечень ВАК. Содержит исследования по рабочему процессу ДВС, динамике, прочности и другим направлениям. Адрес: https://izvuzmash.ru.

Объединение сетевых электронных библиотек (СЭБ) – некоммерческое партнёрство, объединяющее научную и учебную литературу вузов — участников проекта. Обеспечивает доступ к учебно-методическим материалам по техническим специальностям. Доступ осуществляется через портал ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com (авторизация по IP-адресам университета или через личный кабинет).

5. Материально-техническое обеспечение

Для успешного освоения дисциплины используется общий аудиторный фонд университета и специализированные аудитории, закреплённые за кафедрой, имеющие следующее материально-техническое обеспечение:

Наименование специальных помещений	Оснащённость специальных помещений
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет.
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет.
Компьютерный класс № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Компьютеры и мебель для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет.
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-229 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет.
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет.

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Эффективность освоения дисциплины определяется качеством организации учебного процесса, выбором адекватных форм и методов обучения. Преподавателю необходимо

учитывать специфику дисциплины, уровень подготовленности обучающихся и современные образовательные технологии.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- чётко представлять, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- ознакомиться с видами учебной работы и содержанием разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен:

- назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы;
- во вступительной части обосновать место и роль темы, раскрыть её практическое значение, увязать с предыдущим материалом;
- в основной части раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на ключевых категориях, явлениях и процессах, аргументированно обосновывать собственную позицию, приводить примеры, задавать риторические вопросы;
- руководить конспектированием, подчёркивая необходимость фиксации основных положений;
- в заключительной части сформулировать выводы, объявить план следующего занятия, дать рекомендации по подготовке.

При проведении практических (семинарских) занятий рекомендуется:

- обеспечивать активное участие всех студентов, использовать индивидуальные выступления, групповые дискуссии, решение практических задач, разбор кейсов;
- контролировать степень усвоения материала, поощрять самостоятельный поиск информации.

При проведении лабораторных занятий (при наличии) рекомендуется:

- ознакомить студентов с правилами техники безопасности;
- обеспечить понимание цели и задач каждой работы;
- организовать защиту работ с оценкой понимания сущности изучаемых процессов.

При организации самостоятельной работы студентов следует:

- чётко формулировать задания, указывать сроки выполнения;
- обеспечивать необходимыми учебно-методическими материалами;
- осуществлять регулярный контроль выполнения.

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации рекомендуется:

- использовать разнообразные формы контроля в соответствии с фондом оценочных средств;
- обеспечить объективность оценивания, руководствуясь установленными критериями;
- своевременно доводить результаты до студентов с указанием ошибок и рекомендаций.

В целях повышения эффективности образовательного процесса рекомендуется использовать:

- мультимедийные презентации для визуализации материала;
- интерактивные методы обучения (деловые игры, дискуссии, разбор кейсов);
- дистанционные образовательные технологии;
- материалы, размещённые в системе дистанционного обучения Московского Политеха (СДО-LMS).

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. Эффективное освоение предполагает регулярное посещение

всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объёме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке необходимые издания. Доступ к информационным ресурсам организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного устройства через беспроводной доступ.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой с рекомендованными источниками и материалами лекций. Начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно.

Каждый студент должен самостоятельно планировать свою работу, исходя из возможностей и приоритетов. Для плодотворной работы важно организовать постоянное рабочее место, чередовать труд и отдых (перерывы каждые 1–2 часа).

Особое место уделяется консультированию как форме обучения и контроля. Консультирование предполагает взаимодействие между преподавателем и студентами, направленное на разрешение проблем.

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется:

- систематически посещать лекции, вести конспект;
- готовиться к практическим занятиям заранее, изучая теорию и выполняя задания;
- при наличии лабораторных работ — выполнять их в соответствии с методическими указаниями, оформлять отчёты и готовиться к защите;
- своевременно выполнять задания для самостоятельной работы;
- активно участвовать в обсуждениях, задавать вопросы;
- использовать СДО-LMS для доступа к материалам и выполнения тестов;
- регулярно проверять свои знания с помощью вопросов для самопроверки.

При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации рекомендуется:

- повторить теоретический материал по соответствующим разделам;
- выполнить практические задания, аналогичные разобранным на занятиях;
- ознакомиться с критериями оценивания;
- систематизировать материал, составить краткий план ответов;
- при необходимости посетить консультацию преподавателя.

Соблюдение данных рекомендаций позволит качественно освоить учебный материал и успешно пройти все формы контроля.

7. Фонд оценочных средств

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрен фонд оценочных средств (ФОС), позволяющий оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций. Фонд оценочных средств состоит из комплектов контрольно-оценочных средств. Комплекты контрольно-оценочных средств включают в себя контрольно-оценочные материалы, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и/или выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации (дифференцированного зачета). Дисциплина «Нормирование точности и метрология в энергетическом машиностроении» является **формирующей** для компетенции **ОПК-6**, обеспечивая теоретические знания и практические навыки в области методов и средств измерений, обработки результатов измерений и оценки погрешностей, необходимых для проведения измерений при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок на втором этапе сквозного проектирования.

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов:

ОПК-6. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности

Индикаторы достижения компетенции:

• **ИОПК-6.1.** Умеет проводить измерения электрических и неэлектрических величин при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок.

Дисциплина «Нормирование точности и метрология в энергетическом машиностроении» формирует фундаментальные знания и практические навыки, необходимые для выполнения указанного индикатора компетенции. В ходе изучения дисциплины студент осваивает основные понятия метрологии, теорию погрешностей и методы обработки результатов измерений, средства и методы измерения линейных и угловых величин, давления, температуры, расхода, частоты вращения, крутящего момента, а также особенности измерений параметров двигателей при испытаниях и диагностике. Эти знания и навыки являются основой для проведения измерений и контроля качества на этапах изготовления и испытаний в рамках сквозного проекта.

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей дисциплины. Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, направленные на проверку знаний основных понятий метрологии, теории погрешностей, методов обработки результатов измерений, средств и методов измерения линейных и угловых величин, давления, температуры, расхода, частоты вращения, крутящего момента, а также особенностей измерений параметров двигателей при испытаниях и диагностике. Результаты тестирования используются для оценки уровня освоения материала модуля и определения готовности студента к дальнейшему обучению. Проверяемые индикаторы: ИОПК-6.1 (знания методов и средств измерений, теории погрешностей).

Устный опрос (собеседование)

Проводится в ходе лабораторных занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать принципы работы измерительных приборов, методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей. Устный опрос может быть как индивидуальным, так и фронтальным, и направлен на выявление глубины усвоения материала, умения применять полученные знания для решения профессиональных задач. В рамках сквозного проекта устный опрос позволяет оценить способность студента обосновывать выбор средств измерений и методики обработки результатов. Проверяемые индикаторы: ИОПК-6.1.

Лабораторные занятия

Лабораторные занятия являются основной формой практического обучения. В ходе выполнения лабораторных работ студент осваивает статистическую обработку результатов многократных измерений, измерение линейных размеров с помощью универсальных средств измерений (штангенциркули, микрометры, индикаторные нутромеры), измерение параметров резьбы, шпоночных и шлицевых соединений, измерение отклонений формы и расположения поверхностей, измерение параметров шероховатости, измерение давления, температуры, частоты вращения, а также обработку результатов измерений при стендовых испытаниях. Оценивается умение работать с измерительным оборудованием, проводить измерения, обрабатывать результаты, оценивать погрешности. Лабораторные работы выполняются в соответствии с методическими указаниями и защищаются студентом путем ответов на контрольные вопросы. Проверяемые индикаторы: ИОПК-6.1.

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с метрологическим обеспечением измерений параметров узла или системы поршневого двигателя. Содержание индивидуального задания включает анализ измеряемых параметров выбранного узла (давление, температура, расход, частота вращения,

зазоры и т.п.), обоснование выбора средств измерений, разработку методики проведения измерений, обработку результатов измерений и оценку погрешностей. Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объемом 10–15 страниц. Защита индивидуального задания проводится в форме презентации результатов перед преподавателем. Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта позволяет комплексно оценить сформированность индикатора ИОПК-6.1.

Дифференцированный зачет

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачета по завершении изучения дисциплины. Дифференцированный зачет позволяет комплексно оценить знания, умения и навыки студента по всем разделам дисциплины. Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины, с возможным выполнением практического задания (обработка результатов измерений, оценка погрешностей, выбор средства измерений). Результаты зачета определяют итоговую оценку по дисциплине и отражают степень сформированности знаний, необходимых для проведения измерений и контроля качества на этапах изготовления и испытаний в рамках сквозного проекта. Проверяемые индикаторы: ИОПК-6.1.

Роль дисциплины в оценке результатов сквозного проекта

Дисциплина «Нормирование точности и метрология в энергетическом машиностроении» формирует фундаментальные знания и навыки, необходимые для проведения измерений и контроля качества на этапах изготовления и испытаний в рамках сквозного проекта. В рамках этих этапов студент должен уметь выбирать средства измерений, проводить измерения параметров узлов и систем двигателя, обрабатывать результаты измерений и оценивать погрешности. Результаты освоения дисциплины оцениваются в ходе защиты индивидуального задания и отчета по соответствующим этапам сквозного проекта. Оценка сформированности компетенции ОПК-6 по дисциплине учитывается при подведении итогов выполнения сквозного проекта в целом.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1 Критерии оценки текущего (рубежного) тестирования по модулям

Текущее (рубежное) тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ, расчётная задача). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест — 20.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75% заданий теста (набрано более 15 баллов). Студент, получивший «зачтено», демонстрирует достаточное знание теоретического материала модуля, владеет основными понятиями метрологии, знает методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей, умеет выбирать средства измерений. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикатора ИОПК-6.1 в части теоретических основ метрологии.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно менее 75% заданий теста (набрано 15 баллов и менее). Студент, получивший «не зачтено», не владеет основным материалом модуля, допускает грубые ошибки в определении погрешностей, не знает методов обработки результатов измерений. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

7.2.2 Критерии оценки итогового тестирования по курсу

Итоговое тестирование проводится после завершения изучения всех модулей. Тест состоит из 30 заданий, охватывающих весь материал дисциплины. Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов — 30.

Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему от 29 до 30 баллов (97–100% правильных ответов). Студент демонстрирует системные теоретические знания по всем разделам дисциплины, уверенно классифицирует средства измерений, умеет обрабатывать результаты измерений, оценивать погрешности, выбирать средства измерений для конкретных задач. Сформированность индикатора ИОПК-6.1 оценивается на продвинутом уровне, что позволяет

студенту успешно выполнить раздел сквозного проекта, связанный с метрологическим обеспечением измерений.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, набравшему от 24 до 28 баллов (80–97% правильных ответов). Студент в целом демонстрирует системные теоретические знания, владеет большинством терминов, но допускает отдельные неточности в сложных вопросах, связанных с оценкой погрешностей или выбором средств измерений. Сформированность индикатора оценивается на базовом уровне, достаточном для выполнения сквозного проекта.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 18 до 23 баллов (60–80% правильных ответов). Студент демонстрирует знание основного материала, но допускает ошибки в деталях, испытывает затруднения при обработке результатов измерений или оценке погрешностей, не в полной мере владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикатора оценивается на пороговом уровне, что требует дополнительной работы для успешного выполнения сквозного проекта.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 0 до 17 баллов (менее 60% правильных ответов). Студент не демонстрирует системных знаний, не владеет основными понятиями, не может обрабатывать результаты измерений, не умеет выбирать средства измерений. Сформированность индикатора не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение раздела сквозного проекта по метрологическому обеспечению без дополнительной подготовки.

7.2.3 Критерии оценки устного опроса (собеседования)

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе и логически стройно его излагает. Студент демонстрирует полное знание основных понятий метрологии, теории погрешностей, методов обработки результатов измерений, средств и методов измерения линейных и угловых величин, давления, температуры, расхода, частоты вращения, крутящего момента, а также особенностей измерений параметров двигателей. Уверенно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту самостоятельно разрабатывать методики измерений и обрабатывать результаты.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и методами, умеет обрабатывать результаты измерений, но может испытывать затруднения при ответе на уточняющие вопросы или при объяснении сложных методов измерений. В целом демонстрирует хорошее владение профессиональной терминологией.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей. Студент допускает неточности и ошибки в изложении, испытывает затруднения при выборе средств измерений, обладает фрагментарными знаниями. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, требуют наводящих вопросов. Профессиональная терминология используется недостаточно уверенно.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении, не может определить погрешности измерений, не умеет обрабатывать результаты. Отсутствует понимание метрологического обеспечения. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению раздела сквозного проекта по метрологическому обеспечению.

7.2.4 Критерии оценки лабораторных работ

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил лабораторную работу в полном объеме, в установленные сроки. Студент продемонстрировал умение работать с измерительным оборудованием (штангенциркули, микрометры, индикаторные нутромеры, профилометры, твердомеры, манометры, термопары, тахометры), проводить измерения, обрабатывать результаты, оценивать погрешности. При защите работы студент показывает понимание цели и методики проведения работы, уверенно отвечает на контрольные вопросы, правильно интерпретирует полученные результаты. Отчет оформлен в соответствии с

требованиями. Успешное выполнение лабораторных работ позволяет студенту получить практические навыки, необходимые для проведения измерений в рамках сквозного проекта.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил лабораторную работу, выполнил ее не в полном объеме, или выполнил с грубыми ошибками. При защите студент не понимает цели и методики работы, не может ответить на контрольные вопросы, допускает грубые ошибки в интерпретации результатов. Отсутствует отчет или он оформлен с грубыми нарушениями требований. Студент обязан выполнить лабораторную работу повторно в установленные преподавателем сроки.

7.2.5 Критерии оценки индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Оценка «отлично» выставляется студенту, который полностью выполнил индивидуальное задание в соответствии с требованиями. Студент демонстрирует глубокое понимание метрологического обеспечения измерений, самостоятельно анализирует измеряемые параметры выбранного узла двигателя, обосновывает выбор средств измерений, разрабатывает методику проведения измерений, выполняет обработку результатов и оценку погрешностей. В пояснительной записке полно и системно представлены все требуемые разделы. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание влияния погрешностей на достоверность результатов. Сформированность индикатора ИОПК-6.1 оценивается на продвинутом уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание в полном объеме, но допускает отдельные неточности в выборе средств измерений или обработке результатов. Студент демонстрирует понимание метрологического обеспечения, способен анализировать измеряемые параметры, но может испытывать затруднения при оценке погрешностей. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, но содержит незначительные замечания. При защите студент в целом отвечает на вопросы, но может допускать неточности. Сформированность индикатора оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание, но допустил существенные ошибки в выборе средств измерений или обработке результатов. Студент демонстрирует фрагментарные знания метрологии, испытывает значительные затруднения при оценке погрешностей. Пояснительная записка оформлена с нарушениями требований. При защите студент отвечает на вопросы неуверенно, требует наводящих вопросов. Сформированность индикатора оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не выполнил индивидуальное задание, выполнил его не в полном объеме или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания метрологического обеспечения, не может выбрать средства измерений, не умеет обрабатывать результаты. Пояснительная записка отсутствует или оформлена с грубыми нарушениями. При защите студент не отвечает на вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикатора не достигла порогового уровня. Студент обязан выполнить индивидуальное задание повторно в установленные преподавателем сроки.

7.2.6 Критерии оценки ответа на дифференцированном зачете

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил программный материал по всем разделам, исчерпывающе и логически стройно излагает ответы на теоретические вопросы. Студент демонстрирует полное знание основных понятий метрологии, теории погрешностей, методов обработки результатов измерений, средств и методов измерения линейных и угловых величин, давления, температуры, расхода, частоты вращения, крутящего момента, а также особенностей измерений параметров двигателей. Уверенно и без ошибок выполняет практическое задание (обработку результатов измерений, оценку погрешностей, выбор средства измерений), аргументирует свои действия, делает обоснованные выводы. Дает полные ответы на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикатора ИОПК-6.1 оценивается на продвинутом уровне, что подтверждает готовность студента к выполнению этапов сквозного проекта, связанных с измерениями и контролем качества.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает ответы на теоретические вопросы, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и методами, умеет обрабатывать результаты измерений. Выполняет практическое задание в целом правильно, но может испытывать затруднения при обосновании выбора средств измерений или оценке погрешностей. На дополнительные вопросы отвечает в целом правильно, но допускает несущественные ошибки. Сформированность индикатора оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, допускает неточности и ошибки в изложении теоретических вопросов. Студент обладает фрагментарными знаниями по отдельным разделам. Выполняет практическое задание с помощью наводящих вопросов или допускает ошибки в обработке результатов. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, профессиональная терминология используется недостаточно уверенно. Сформированность индикатора оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает грубые ошибки в изложении теоретических вопросов. Студент не может выполнить практическое задание или выполняет его с грубыми ошибками, не понимает сути задания. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикатора не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение раздела сквозного проекта по метрологическому обеспечению.

7.2.7 Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность знаний и навыков, необходимых для освоения индикатора компетенции **ОПК-6**. Дисциплина является формирующей для указанной компетенции.

Индикатор	Формируемые навыки	Методы контроля
ИОПК-6.1	Умеет проводить измерения электрических и неэлектрических величин при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок (выбор средств измерений, проведение измерений, обработка результатов, оценка погрешностей)	Текущее тестирование, устный опрос, лабораторные работы, индивидуальное задание, дифференцированный зачет

Оценка сформированности знаний и навыков осуществляется комплексно с использованием всех методов контроля. Результаты текущего и итогового тестирования, устных опросов, выполнения лабораторных работ, защиты индивидуального задания в рамках сквозного проекта, а также дифференцированного зачета учитываются при формировании итоговой оценки по дисциплине и оценке выполнения этапов сквозного проекта, связанных с измерениями и контролем качества. Дисциплина «Нормирование точности и метрология в энергетическом машиностроении» закладывает содержательную основу для последующего формирования компетенций на этапах испытаний и эксплуатации, обеспечивая студента знаниями и навыками, необходимыми для проведения измерений, обработки результатов и оценки погрешностей.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

7.3.1.1 Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается в 3-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определённые темы.

Модуль 1 (недели 1–8) — Основы метрологии. Обработка результатов измерений. Средства и методы измерений

Включает темы: Тема 1. Введение. Основы метрологии и нормирования точности; Тема 2. Основы теории погрешностей. Обработка результатов измерений; Тема 3. Средства и методы измерения линейных и угловых величин; Тема 4. Измерение параметров шероховатости, формы и расположения поверхностей.

Модуль 2 (недели 9–16) — Измерения параметров двигателей. Метрологическое обеспечение испытаний и диагностика

Включает темы: Тема 5. Измерение давления, температуры, расхода; Тема 6. Измерение частоты вращения, крутящего момента и мощности; Тема 7. Метрологическое обеспечение испытаний двигателей; Тема 8. Методы технической диагностики двигателей по измеряемым параметрам.

7.3.1.2 Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Основы метрологии. Обработка результатов измерений. Средства и методы измерений

Перечень вопросов для собеседования:

1. Роль дисциплины в сквозном проектировании: обеспечение достоверности контроля и измерений.
2. Основные понятия метрологии: физическая величина, измерение, средство измерений, эталон.
3. Виды и методы измерений (прямые, косвенные, совокупные, совместные).
4. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
5. Погрешность измерения: классификация (систематические, случайные, грубые).
6. Законы распределения случайных погрешностей. Нормальный закон распределения.
7. Точечные и интервальные оценки результатов измерений.
8. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Выбор доверительной вероятности.
9. Правила округления и представления результатов измерений.
10. Погрешности косвенных измерений. Расчёт суммарной погрешности.
11. Классификация средств измерений: меры, калибры, универсальные измерительные средства.
12. Штангенинструмент: устройство, виды, правила измерения, метрологические характеристики.
13. Микрометрические инструменты: устройство, виды, правила измерения, метрологические характеристики.
14. Индикаторы часового типа: устройство, принцип работы, применение.
15. Оптические и оптико-механические приборы: оптиметры, измерительные микроскопы.
16. Координатно-измерительные машины (КИМ): принцип работы, области применения.
17. Выбор средств измерений в зависимости от требуемой точности. Понятие о погрешности средства измерений.
18. Методы измерения углов: угломеры, синусные линейки, оптические квадранты.
19. Понятие о калибрах (гладкие, резьбовые). Контроль калибрами.
20. Измерение параметров шероховатости поверхности. Профилометры и профилографы.
21. Параметры шероховатости: Ra, Rz, Rmax, Sm, S, tp. Правила выбора параметров.
22. Методы измерения отклонений формы поверхностей (прямолинейности, плоскостности, круглости, цилиндричности).

23. Методы измерения отклонений расположения поверхностей (параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности).

Модуль 2. Измерения параметров двигателей. Метрологическое обеспечение испытаний и диагностика

Перечень вопросов для собеседования:

1. Задачи метрологического обеспечения испытаний двигателей.
2. Измерение давления: классификация манометров (пружинные, жидкостные, электрические).
3. Датчики давления: тензометрические, пьезоэлектрические, ёмкостные. Принцип работы, области применения.
4. Измерение температуры: термопары (принцип работы, типы, диапазоны измерений).
5. Термометры сопротивления (платиновые, медные): принцип работы, характеристики.
6. Пирометры: принцип работы, области применения для бесконтактного измерения температуры.
7. Измерение расхода топлива: объёмные расходомеры, массовые расходомеры, мерные баки.
8. Измерение расхода воздуха: турбинные расходомеры, термоанемометры, расходомерные шайбы.
9. Измерение частоты вращения: механические тахометры, электронные тахометры, стробоскопы.
10. Датчики частоты вращения: индуктивные, оптические, датчики Холла.
11. Измерение крутящего момента: тензометрические датчики момента, магнитоупругие датчики.
12. Измерение мощности: тормозные стенды (электрические, гидравлические, с бегущими барабанами).
13. Погрешности измерений при стендовых испытаниях. Нормирование погрешностей в соответствии с ГОСТ 14846.
14. Оценка точности и достоверности результатов испытаний. Сравнение с нормативными значениями.
15. Метрологическое обеспечение испытаний: поверка и калибровка средств измерений.
16. Методы технической диагностики двигателей по измеряемым параметрам. Параметрические методы диагностирования.
17. Диагностирование цилиндропоршневой группы по компрессии и утечкам сжатого воздуха.
18. Диагностирование газораспределительного механизма по вакуумметрическим характеристикам.
19. Диагностирование подшипников коленчатого вала по давлению масла и виброакустическим параметрам.
20. Диагностирование систем питания, зажигания, охлаждения, смазки по измеряемым параметрам.
21. Диагностирование турбокомпрессора по давлению наддува и температуре отработавших газов.
22. Современные средства диагностики: мотор-тестеры, сканеры, газоанализаторы.

7.3.1.3 Рубежный контроль по модулям (тестирование)

Тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ, расчётная задача). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное

количество баллов за тест — 20. Оценка «зачтено» выставляется при выполнении верно более 75% заданий (более 15 баллов).

Пример тестовых заданий (один вариант)

1. **Какой метод измерений предполагает определение значения величины по формуле, связывающей её с другими величинами, измеренными прямым методом?**
   - A) Прямой метод
   - B) Косвенный метод
   - C) Совокупный метод
   - D) Совместный метод

Правильный ответ: B

2. **Как называется погрешность, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях?**
   - A) Случайная погрешность
   - B) Систематическая погрешность
   - C) Грубая погрешность
   - D) Абсолютная погрешность

Правильный ответ: B

3. **Какой прибор используется для измерения наружных размеров с точностью 0,01 мм?**
   - A) Штангенциркуль с нониусом 0,1 мм
   - B) Микрометр
   - C) Линейка
   - D) Рулетка

Правильный ответ: B

4. **Какой датчик используется для измерения давления в цилиндре двигателя?**
   - A) Термопара
   - B) Тензорезистор
   - C) Пьезоэлектрический датчик
   - D) Индуктивный датчик

Правильный ответ: C

5. **Какой метод диагностики цилиндропоршневой группы основан на измерении давления в цилиндре при прокручивании двигателя стартером?**
   - A) Виброакустический метод
   - B) Метод измерения компрессии
   - C) Метод утечек сжатого воздуха
   - D) Термометрический метод

Правильный ответ: B

7.3.1.4 Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с метрологическим обеспечением измерений параметров узла или системы поршневого двигателя.

Содержание индивидуального задания:

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Анализ измеряемых параметров выбранного узла или системы двигателя.** Студент выбирает узел или систему поршневого двигателя (цилиндропоршневая группа, система смазки, система охлаждения, система питания, турбокомпрессор и т.п.). Проводится анализ параметров, подлежащих измерению при испытаниях или диагностике: давление, температура, расход, частота вращения, зазоры, компрессия и т.д.

2. **Обоснование выбора средств измерений.** Для каждого измеряемого параметра обосновывается выбор конкретного средства измерения или датчика с учётом диапазона измерений, требуемой точности, условий эксплуатации (температура, вибрации, агрессивность среды). Приводятся метрологические характеристики выбранных средств измерений (предел измерения, класс точности, основная погрешность).

3. **Разработка методики проведения измерений.** Описывается порядок проведения измерений: подготовка к измерениям, установка датчиков, проведение измерений, регистрация результатов. Указываются факторы, влияющие на точность измерений, и способы их учёта.

4. **Обработка результатов измерений и оценка погрешностей.** Приводятся результаты измерений (фактические или модельные). Выполняется статистическая обработка (при многократных измерениях). Оцениваются систематическая и случайная составляющие погрешности. Рассчитывается суммарная погрешность. Результат представляется с указанием доверительной вероятности.

5. **Оценка достоверности результатов и выводы.** Сравниваются полученные результаты с нормативными значениями (или с расчётными). Делается вывод о техническом состоянии узла или системы (для диагностики) или о соответствии характеристик требованиям (для испытаний). Предлагаются рекомендации по повышению точности измерений.

Требования к оформлению:

Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объемом 10–15 страниц, включающей:

- титульный лист с указанием темы задания, ФИО студента, группы, руководителя;
- содержание;
- введение с обоснованием актуальности выбора узла/системы;
- основную часть, содержащую анализ измеряемых параметров, обоснование выбора средств измерений, методику измерений, обработку результатов и оценку погрешностей;
- заключение с выводами по результатам выполненной работы;
- список использованных источников (включая нормативную документацию, справочную литературу).

Примерные темы индивидуальных заданий:

1. Метрологическое обеспечение измерения компрессии в цилиндрах двигателя.
2. Выбор средств и методов измерения давления масла в системе смазки двигателя.
3. Измерение температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя: средства и погрешности.
4. Метрологическое обеспечение измерения расхода топлива при стендовых испытаниях.
5. Измерение частоты вращения коленчатого вала: выбор датчика и оценка погрешностей.
6. Диагностирование турбокомпрессора по параметрам наддува: методика измерений и обработка результатов.
7. Измерение зазоров в цилиндропоршневой группе методами неразрушающего контроля.
8. Метрологическое обеспечение измерения крутящего момента на тормозном стенде.
9. Диагностирование газораспределительного механизма по вакуумметрическим характеристикам.
10. Измерение вибрации подшипников коленчатого вала: выбор датчиков и анализ результатов.
11. Метрологическое обеспечение измерения давления наддува турбокомпрессора.
12. Измерение температуры отработавших газов: выбор термопар и оценка погрешностей.

7.3.1.5 Оценочные средства для лабораторных работ

Перечень лабораторных работ и контрольные вопросы для защиты

Лабораторная работа №1. Статистическая обработка результатов многократных измерений. Оценка погрешностей

Краткое содержание: проведение многократных измерений линейного размера с помощью штангенциркуля. Вычисление среднего арифметического, среднеквадратичного отклонения, доверительного интервала. Определение наличия грубых погрешностей по критерию Граббса. Оценка суммарной погрешности измерения.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие виды погрешностей измерений существуют?
- Как определить наличие грубой погрешности в выборке?
- Что такое доверительная вероятность и доверительный интервал?
- Как оценить суммарную погрешность прямых многократных измерений?

Лабораторная работа №2. Измерение линейных размеров штангенциркулем, микрометром, индикаторным нутромером

Краткое содержание: измерение наружных размеров штангенциркулем и микрометром. Измерение внутренних размеров штангенциркулем и индикаторным нутромером. Сравнение результатов измерений, полученных разными приборами. Оценка погрешностей.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как устроен штангенциркуль? Каковы правила измерения и отсчёта показаний?
- Как устроен микрометр? Каковы правила измерения и отсчёта показаний?
- Как устроен индикаторный нутромер? Как он работает и как им пользоваться?
- Как выбрать средство измерения для заданной точности?

Лабораторная работа №3. Измерение параметров резьбы резьбовыми микрометрами и калибрами

Краткое содержание: измерение наружного и среднего диаметров резьбы с помощью резьбового микрометра. Контроль резьбы резьбовыми калибрами (пробками и кольцами). Определение соответствия резьбы заданному классу точности.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие параметры резьбы подлежат контролю?
- Как устроен резьбовой микрометр и как им пользоваться?
- Как пользоваться резьбовыми калибрами (пробками и кольцами)?
- Какие дефекты резьбы могут быть выявлены при контроле?

Лабораторная работа №4. Измерение отклонений формы и расположения поверхностей на универсальных приборах

Краткое содержание: измерение отклонений от круглости и цилиндричности с помощью индикаторного нутромера. Измерение отклонений от плоскостности с помощью поверочной плиты и индикатора. Измерение отклонений от соосности с помощью индикаторного приспособления.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие виды отклонений формы поверхностей нормируются?
- Как измеряется отклонение от круглости?
- Как измеряется отклонение от плоскостности?
- Как измеряется отклонение от соосности?

Лабораторная работа №5. Измерение параметров шероховатости поверхности на профилометре (профилографе)

Краткое содержание: ознакомление с устройством профилометра (профилографа). Измерение параметров шероховатости (Ra, Rz) на образцах с различной обработкой. Сравнение полученных значений с заданными. Оценка соответствия.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие параметры шероховатости нормируются в машиностроении?
- Как работает профилометр (профилограф)?
- Как подготовить образец для измерения шероховатости?
- Как обозначается шероховатость на чертежах?

Лабораторная работа №6. Измерение давления с помощью манометров и датчиков давления

Краткое содержание: знакомство с различными типами манометров (пружинные, жидкостные). Измерение давления с помощью образцового манометра. Ознакомление с работой тензометрического датчика давления. Оценка погрешности измерения.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие типы манометров применяются для измерения давления?
- Как устроен пружинный манометр?
- Каков принцип работы тензометрического датчика давления?
- Как оценить погрешность измерения давления?

Лабораторная работа №7. Измерение температуры с помощью термопар и термометров сопротивления

Краткое содержание: знакомство с устройством термопары. Измерение температуры с помощью термопары и милливольтметра. Знакомство с термометром сопротивления. Измерение температуры с помощью цифрового термометра. Сравнение результатов.

Контрольные вопросы для защиты:

- Каков принцип работы термопары?
- Какие типы термопар существуют и для каких диапазонов температур они применяются?
- Каков принцип работы термометра сопротивления?
- Как выбрать датчик температуры для измерения в конкретных условиях?

Лабораторная работа №8. Измерение частоты вращения тахометрами и датчиками частоты

Краткое содержание: знакомство с механическим тахометром. Измерение частоты вращения с помощью электронного тахометра и оптического датчика. Сравнение результатов. Оценка погрешности измерения.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие типы тахометров существуют?
- Как устроен механический центробежный тахометр?
- Каков принцип работы оптического датчика частоты вращения?
- Как оценить погрешность измерения частоты вращения?

Лабораторная работа №9. Обработка результатов измерений при стендовых испытаниях (моделирование)

Краткое содержание: обработка массива экспериментальных данных (моделирование результатов стендовых испытаний). Вычисление средних значений, среднеквадратичных отклонений. Оценка доверительных интервалов. Сравнение полученных результатов с нормативными значениями. Оформление протокола испытаний.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие этапы включает обработка результатов испытаний?
- Как оценивается случайная погрешность серии измерений?
- Как представляется результат измерения с указанием погрешности?
- Что такое протокол испытаний и какие требования к его оформлению?

7.3.1.6 Оценочные средства для курсовой работы (проекта)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены учебным планом. Результаты освоения дисциплины используются при выполнении последующих курсовых проектов по профильным дисциплинам и в выпускной квалификационной работе для метрологического обеспечения измерений и испытаний.

7.3.2 Промежуточная аттестация (дифференцированный зачёт)

7.3.2.1 Условия допуска к дифференцированному зачёту

Студент допускается к сдаче дифференцированного зачёта при выполнении следующих условий:

- Успешное прохождение всех двух рубежных контролей (устных опросов по модулям) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Выполнение и защита всех лабораторных работ, предусмотренных учебным планом (9 лабораторных работ).
- Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта (метрологическое обеспечение измерений для узла двигателя) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

7.3.2.2 Структура билета на дифференцированном зачёте

Дифференцированный зачёт проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины. В процессе собеседования студенту может быть предложено выполнить практическое задание (обработка результатов измерений, оценка погрешностей, выбор средства измерений).

Структура собеседования:

- **Теоретический вопрос 1:** из области основ метрологии, классификации измерений, теории погрешностей.
- **Теоретический вопрос 2:** из области средств и методов измерений, метрологического обеспечения испытаний, диагностики.
- **Практическое задание:** обработка результатов измерений, оценка погрешностей, выбор средства измерений.
-

7.3.2.3 Перечень вопросов для подготовки к дифференцированному зачёту

Модуль 1. Основы метрологии. Обработка результатов измерений. Средства и методы измерений

1. Основные понятия метрологии: физическая величина, измерение, средство измерений, эталон.
2. Виды и методы измерений (прямые, косвенные, совокупные, совместные).
3. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
4. Погрешность измерения: классификация (систематические, случайные, грубые).
5. Законы распределения случайных погрешностей. Нормальный закон распределения.
6. Точечные и интервальные оценки результатов измерений.
7. Доверительная вероятность и доверительный интервал.
8. Правила округления и представления результатов измерений.
9. Погрешности косвенных измерений. Расчёт суммарной погрешности.
10. Классификация средств измерений: меры, калибры, универсальные измерительные средства.
11. Штангенинструмент: устройство, виды, правила измерения.
12. Микрометрические инструменты: устройство, виды, правила измерения.
13. Индикаторы часового типа: устройство, принцип работы, применение.
14. Оптические и оптико-механические приборы: оптиметры, измерительные микроскопы.
15. Координатно-измерительные машины (КИМ): принцип работы, области применения.
16. Выбор средств измерений в зависимости от требуемой точности.
17. Методы измерения углов: угломеры, синусные линейки.
18. Понятие о калибрах. Контроль калибрами.
19. Измерение параметров шероховатости поверхности. Профилометры и профилографы.
20. Параметры шероховатости: Ra, Rz, Rmax, Sm, S, tp.
21. Методы измерения отклонений формы поверхностей.
22. Методы измерения отклонений расположения поверхностей.

Модуль 2. Измерения параметров двигателей. Метрологическое обеспечение испытаний и диагностика

23. Задачи метрологического обеспечения испытаний двигателей.
24. Измерение давления: классификация манометров. Датчики давления.
25. Измерение температуры: термопары, термометры сопротивления, пирометры.
26. Измерение расхода топлива и воздуха: расходомеры, мерные баки.
27. Измерение частоты вращения: тахометры, датчики частоты.
28. Измерение крутящего момента и мощности: тормозные стенды, датчики момента.
29. Погрешности измерений при стендовых испытаниях. Нормирование погрешностей по ГОСТ 14846.
30. Оценка точности и достоверности результатов испытаний.
31. Метрологическое обеспечение испытаний: поверка и калибровка средств измерений.
32. Методы технической диагностики двигателей по измеряемым параметрам.
33. Диагностирование цилиндропоршневой группы по компрессии и утечкам сжатого воздуха.
34. Диагностирование газораспределительного механизма по вакуумметрическим характеристикам.
35. Диагностирование подшипников коленчатого вала по давлению масла и виброакустическим параметрам.
36. Диагностирование систем питания, зажигания, охлаждения, смазки по измеряемым параметрам.
37. Диагностирование турбокомпрессора по давлению наддува и температуре отработавших газов.
38. Современные средства диагностики: мотор-тестеры, сканеры, газоанализаторы.

7.3.2.4 Примеры практических заданий для дифференцированного зачёта

Пример 1. Обработка результатов прямых многократных измерений

Задание: При многократном измерении диаметра вала получены следующие значения (в мм): 50,02; 50,03; 50,01; 50,04; 50,02; 50,03; 50,01; 50,02; 50,05; 50,02. Вычислить среднее арифметическое значение, среднеквадратичное отклонение. Определить наличие грубой погрешности по критерию Граббса. Записать результат измерения с указанием доверительной вероятности 0,95.

Пример 2. Оценка погрешности косвенных измерений

Задание: Мощность двигателя определяется по формуле $P = M \times \omega$, где M — крутящий момент, ω — угловая скорость. Измеренное значение крутящего момента $M = 200$ Н·м, погрешность измерения $\Delta M = \pm 2$ Н·м. Измеренное значение угловой скорости $\omega = 314$ рад/с (3000 об/мин), погрешность измерения $\Delta\omega = \pm 3$ рад/с. Рассчитать мощность и её суммарную погрешность.

Пример 3. Выбор средства измерений

Задание: Необходимо измерить диаметр вала с номинальным размером 50 мм. Требуемая точность измерения — 0,01 мм. Предложить средство измерения, обосновать выбор. Указать пределы измерения и класс точности прибора.

Пример 4. Обработка результатов измерения компрессии

Задание: При измерении компрессии в цилиндрах двигателя получены следующие значения (в атм): 11,2; 11,5; 10,8; 11,3; 11,0; 10,5. Вычислить среднее значение компрессии. Оценить разброс значений. Сделать вывод о состоянии цилиндропоршневой группы. Нормативное значение компрессии — 11 ± 1 атм.

Пример 5. Расчёт доверительного интервала

Задание: Проведено 10 измерений температуры охлаждающей жидкости. Среднее значение $t = 85$°C, среднеквадратичное отклонение $S = 1{,}5$°C. Доверительная вероятность $P = 0{,}95$ (коэффициент Стьюдента для 9 степеней свободы $t_{0{,}95} = 2{,}26$). Определить доверительный интервал для истинного значения температуры.

7.3.2.5 Полный перечень теоретических вопросов к дифференцированному зачёту

Модуль 1. Основы метрологии. Обработка результатов измерений. Средства и методы измерений

1. Роль дисциплины в сквозном проектировании: обеспечение достоверности контроля и измерений.
2. Основные понятия метрологии: физическая величина, измерение, средство измерений, эталон.
3. Виды и методы измерений (прямые, косвенные, совокупные, совместные).
4. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
5. Погрешность измерения: классификация (систематические, случайные, грубые).
6. Законы распределения случайных погрешностей. Нормальный закон распределения.
7. Точечные и интервальные оценки результатов измерений.
8. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Коэффициент Стьюдента.
9. Правила округления и представления результатов измерений.
10. Погрешности косвенных измерений. Расчёт суммарной погрешности.
11. Классификация средств измерений: меры, калибры, универсальные измерительные средства.
12. Штангенинструмент: устройство, виды, правила измерения, метрологические характеристики.
13. Микрометрические инструменты: устройство, виды, правила измерения, метрологические характеристики.
14. Индикаторы часового типа: устройство, принцип работы, применение.
15. Оптические и оптико-механические приборы: оптиметры, измерительные микроскопы.
16. Координатно-измерительные машины (КИМ): принцип работы, области применения.
17. Выбор средств измерений в зависимости от требуемой точности. Погрешность средства измерений.
18. Методы измерения углов: угломеры, синусные линейки, оптические квадранты.
19. Понятие о калибрах (гладкие, резьбовые). Контроль калибрами.
20. Измерение параметров шероховатости поверхности. Профилометры и профилографы.
21. Параметры шероховатости: Ra, Rz, Rmax, Sm, S, tp. Правила выбора параметров.
22. Методы измерения отклонений формы поверхностей (прямолинейности, плоскостности, круглости, цилиндричности).
23. Методы измерения отклонений расположения поверхностей (параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности).

Модуль 2. Измерения параметров двигателей. Метрологическое обеспечение испытаний и диагностика

24. Задачи метрологического обеспечения испытаний двигателей.
25. Измерение давления: классификация манометров (пружинные, жидкостные, электрические).
26. Датчики давления: тензометрические, пьезоэлектрические, ёмкостные. Принцип работы, области применения.
27. Измерение температуры: термопары (принцип работы, типы, диапазоны измерений).
28. Термометры сопротивления (платиновые, медные): принцип работы, характеристики.
29. Пирометры: принцип работы, области применения для бесконтактного измерения температуры.

30. Измерение расхода топлива: объёмные расходомеры, массовые расходомеры, мерные баки.

31. Измерение расхода воздуха: турбинные расходомеры, термоанемометры, расходомерные шайбы.

32. Измерение частоты вращения: механические тахометры, электронные тахометры, стробоскопы.

33. Датчики частоты вращения: индуктивные, оптические, датчики Холла.

34. Измерение крутящего момента: тензометрические датчики момента, магнитоупругие датчики.

35. Измерение мощности: тормозные стенды (электрические, гидравлические, с бегущими барабанами).

36. Погрешности измерений при стендовых испытаниях. Нормирование погрешностей в соответствии с ГОСТ 14846.

37. Оценка точности и достоверности результатов испытаний. Сравнение с нормативными значениями.

38. Метрологическое обеспечение испытаний: поверка и калибровка средств измерений.

39. Методы технической диагностики двигателей по измеряемым параметрам. Параметрические методы диагностирования.

40. Диагностирование цилиндропоршневой группы по компрессии и утечкам сжатого воздуха.

41. Диагностирование газораспределительного механизма по вакуумметрическим характеристикам.

42. Диагностирование подшипников коленчатого вала по давлению масла и виброакустическим параметрам.

43. Диагностирование систем питания, зажигания, охлаждения, смазки по измеряемым параметрам.

44. Диагностирование турбокомпрессора по давлению наддува и температуре отработавших газов.

45. Современные средства диагностики: мотор-тестеры, сканеры, газоанализаторы.