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

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТУРБОМАШИН

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  /Д.В. Апелинский/

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 3
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
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 10
4.2. Основная литература 10
4.3. Дополнительная литература 11
4.4. Электронные образовательные ресурсы 11
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 11
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 11
5. Материально-техническое обеспечение 12
6. Методические рекомендации 12
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 12
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 13
7. Фонд оценочных средств 14
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 14
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 16
7.3 Оценочные средства 18

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системного понимания принципов функционирования, областей применения и основных технико-экономических показателей поршневых двигателей и турбомашин, необходимого для анализа современного рынка энергетических установок и участия в подготовке исходных данных для концептуального проектирования (первый этап сквозного проекта).

Задачами дисциплины являются:

– ознакомление с историей развития, современным состоянием и перспективными направлениями совершенствования поршневых двигателей и турбомашин;

– изучение классификации, областей применения и общих принципов работы двигателей различных типов;

– формирование понятийного аппарата в области теории рабочих процессов, включая основные термины и определения (индикаторные и эффективные показатели, тактность, степень сжатия и др.);

– изучение типовых конструктивных схем, принципиального устройства основных узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин;

– анализ факторов, определяющих технический уровень двигателей (мощность, экономичность, ресурс, экологические показатели) для формирования требований к проектируемому изделию.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	**ИУК-1.1.** Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие **ИУК-1.2.** Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи **ИУК-1.3.** Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки

Роль дисциплины в формировании компетенций:

Формирующая (УК-1). В ходе изучения классификации двигателей, анализа принципов работы четырёхтактных и двухтактных ДВС, исследования кинематики и динамики кривошипно-шатунного механизма, а также характеристик двигателей студенты учатся анализировать задачу, выделяя её базовые составляющие (ИУК-1.1); осуществлять поиск и критическую оценку информации о рабочих процессах, обобщать и систематизировать знания о взаимосвязях элементов двигателя (ИУК-1.2); рассматривать и предлагать рациональные варианты конструктивных решений с использованием системного подхода и критической оценкой их достоинств и недостатков (ИУК-1.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин»** относится к **обязательной части блока Б.1** учебного плана (код дисциплины: Б1.1.11) и изучается в **1-м семестре**.

Данная дисциплина является **вводным курсом**, формирующим понятийный аппарат и общее представление об объекте профессиональной деятельности. Она закладывает основу для первого этапа сквозного проектирования «**Концептуальное проектирование**», обеспечивая обучающихся знаниями, необходимыми для анализа исходных данных, изучения рынка и формирования технического задания на проектируемое изделие.

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

- **Физика** (школьный курс): понимание основных законов механики, термодинамики и газодинамики необходимо для усвоения принципов работы двигателей.
- **Математика** (школьный курс): владение элементарными математическими понятиями (функции, графики, пропорции) требуется для понимания физических зависимостей.
- **Инженерная графика** (школьный курс, дисциплина «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин», изучаемая параллельно): начальные навыки чтения чертежей и понимания конструктивных форм необходимы для изучения устройства узлов и систем.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении следующих дисциплин и освоении элементов образовательной программы, обеспечивая теоретическую базу для последующих этапов сквозного проекта:

- **Конструкция поршневых двигателей** (Б1.2.2, 2 семестр): углубляет и детализирует знания об устройстве и принципах работы механизмов и систем.
- **Теория рабочих процессов поршневых двигателей** (Б1.1.20, 4 семестр): развивает полученные знания до уровня количественного анализа и расчёта рабочих циклов (II этап проекта).
- **Термодинамика** (Б1.1.17, 3 семестр) и **Топлива и смазочные материалы энергетических установок** (Б1.1.18, 3-4 семестры): расширяют и углубляют понимание физико-химических основ рабочих процессов.
- **Динамический расчет поршневых двигателей** (Б1.2.4, 5 семестр), **Конструирование и расчет механизмов энергетических установок** (Б1.1.22, 5-6 семестры), **Вычислительная гидрогазодинамика** (Б1.1.19, 4-5 семестры) и другие инженерные дисциплины, где сформированные в данном курсе понятия используются при постановке и решении прикладных задач (III этап проекта).

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3 зачетные единицы (108 часов)**.

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			1
1	Аудиторные занятия	48	48
	В том числе:		
1.1	Лекции	16	16

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
1.2	Семинарские/практические занятия	16	16
1.3	Лабораторные занятия	16	16
2	Самостоятельная работа	60	60
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Экзамен	Экзамен
	Курсовой проект	–	–
	Курсовая работа	–	–
	Итого	**108**	**108**

Примечание: общая трудоёмкость дисциплины составляет 108 часов.

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 1	**Введение в теорию двигателей**						
1	Тема 1. Введение. Классификация двигателей	8	4	2	2	–	4
2	Тема 2. Принцип работы поршневых двигателей	12	6	2	2	2	6
3	Тема 3. Основные понятия и определения теории двигателей	12	6	2	2	2	6
4	Тема 4. Рабочие циклы двигателей	14	8	2	4	2	6
5	Тема 5. Ки-	14	8	2	2	4	6

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	нематика и динамика кривошипно-шатунного механизма						
6	Тема 6. Характеристики двигателей	12	6	2	2	2	6
7	Тема 7. Экологические показатели двигателей	10	4	2	–	2	6
8	Тема 8. Основы устройства турбомашин	12	6	2	2	2	6
9	Подготовка к экзамену	14	–	–	–	–	14
	Итого за 1 семестр	**108**	**48**	**16**	**16**	**16**	**60**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 1. Введение в теорию двигателей

Тема 1. Введение. Классификация двигателей

Роль двигателей в современной энергетике и на транспорте. Краткий исторический обзор развития двигателестроения. Общие принципы преобразования тепловой энергии в механическую работу. Классификация двигателей внутреннего сгорания (ДВС): по способу осуществления рабочего цикла (четырехтактные, двухтактные), по способу смесеобразования (с внешним и внутренним смесеобразованием), по виду применяемого топлива (жидкое, газообразное), по способу воспламенения (с искровым зажиганием, с воспламенением от сжатия), по конструктивным признакам (рядные, V-образные, оппозитные). Классификация турбомашин (турбины, компрессоры, турбокомпрессоры). Области применения поршневых двигателей и турбомашин.

Тема 2. Принцип работы поршневых двигателей

Принцип действия четырехтактного двигателя. Рабочий цикл: впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск. Диаграмма фаз газораспределения. Принцип действия двухтактного двигателя. Схемы продувки (кривошипно-камерная, прямоточно-щелевая, клапанно-щелевая). Сравнение четырехтактных и двухтактных двигателей. Принцип работы роторно-поршневого двигателя Ванкеля (общее ознакомление). Демонстрация работы двигателя на лабораторном стенде или с помощью анимации в CAD-системе.

Тема 3. Основные понятия и определения теории двигателей

Мертвые точки (ВМТ, НМТ). Ход поршня. Рабочий объем цилиндра. Объем камеры сгорания. Полный объем цилиндра. Литраж двигателя. Степень сжатия. Тактность двигателя. Индикаторная диаграмма (понятие). Среднее индикаторное давление (качественное понимание). Индикаторная мощность (понятие). Эффективная мощность. Крутящий момент. Механические потери и механический КПД. Удельный расход топлива.

Тема 4. Рабочие циклы двигателей

Идеальные циклы поршневых двигателей. Циклы Отто (быстрого сгорания), Дизеля (медленного сгорания), Тринклера (смешанный). Сравнение идеальных циклов. Действительные циклы. Процессы газообмена: впуск и выпуск. Факторы, влияющие на наполнение цилиндров. Процесс сжатия. Показатель политропы сжатия. Процесс сгорания в двигателях с искровым зажиганием и дизелях. Скорость сгорания, детонация. Процесс расширения. Потери теплоты в стенки.

Тема 5. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма

Основные элементы кривошипно-шатунного механизма (КШМ): поршень, шатун, коленчатый вал. Центральный и дезаксиальный КШМ. Кинематика поршня: перемещение, скорость и ускорение поршня (качественный анализ, графики). Силы, действующие в КШМ: сила давления газов, силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс, силы инерции вращающихся масс. Суммарная сила, действующая на поршневой палец. Силы, действующие на шатунную и коренную шейки коленчатого вала. Понятие о крутящем моменте двигателя.

Тема 6. Характеристики двигателей

Скоростная характеристика двигателя. Внешняя скоростная характеристика (ВСХ). Частичные скоростные характеристики. Зависимость эффективной мощности, крутящего момента, удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала. Нагрузочная характеристика. Регулировочные характеристики. Понятие о многопараметровых характеристиках. Снятие характеристик на испытательном стенде (демонстрация).

Тема 7. Экологические показатели двигателей

Токсичные компоненты отработавших газов (ОГ): оксиды азота (NOx), оксид углерода (CO), углеводороды (CH), твердые частицы (сажа). Механизмы образования токсичных веществ. Влияние состава смеси, угла опережения зажигания, нагрузки и частоты вращения на токсичность ОГ. Нормирование токсичности: стандарты Евро. Методы снижения токсичности: внутрицилиндровые (рециркуляция ОГ, оптимизация процесса сгорания) и внешние (каталитические нейтрализаторы, сажевые фильтры). Экологические требования к современным двигателям.

Тема 8. Основы устройства турбомашин

Назначение и классификация турбомашин (компрессоры, турбины). Принцип действия центробежного компрессора. Основные элементы: рабочее колесо с лопатками, диффузор, улитка. Понятие степени повышения давления. Принцип действия центростремительной (радиальной) турбины. Основные элементы: сопловой аппарат, рабочее колесо. Понятие степени понижения давления. Принцип действия осевого компрессора и осевой турбины (общее ознакомление). Турбокомпрессор как агрегат наддува. Схема работы турбокомпрессора. Влияние наддува на мощность и экономичность двигателя. Понятие интеркулера.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
1	Тема 1	Анализ классификации двигателей. Подбор примеров по заданным признакам	2
2	Тема 2	Изучение принципа работы 4-тактного двигателя по разрезам и плакатам	2
3	Тема 2	Изучение принципа работы 2-тактного двигателя. Сравнение циклов	2
4	Тема 3	Расчет основных параметров двигателя: литраж, степень сжатия	2
5	Тема 4	Построение и анализ индикаторной диаграммы в координатах p-V	2
6	Тема 4	Анализ фаз газораспределения и их влияния на работу двигателя	2
7	Тема 5	Расчет кинематических параметров поршня (перемещение, скорость)	2
8	Тема 6	Построение и анализ внешней скоростной характеристики	2
9	Тема 8	Изучение устройства и принципа действия турбокомпрессора	2
	Итого		**16**

3.4.2. Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
1	Тема 2	Изучение устройства и работы 4-тактного двигателя на разрезе (или 3D-модели)	2
2	Тема 3	Определение основных геометрических параметров двигателя по чертежам	2
3	Тема 3	Определение степени сжатия и рабочего объема цилиндра	2
4	Тема 4	Снятие индикаторной диаграммы (или анализ осциллограммы давления)	2
5	Тема 5	Кинематика КШМ: моделирование движения поршня и	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
		шатуна (в CAD или на макете)	
6	Тема 5	Динамика КШМ: определение сил, действующих в механизме	2
7	Тема 6	Изучение конструкции турбокомпрессора (на разрезе или 3D-модели)	2
8	Тема 7	Изучение состава отработавших газов. Работа с газоанализатором (демонстрация)	2
	Итого		**16**

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 14846–2020 Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний
2. ГОСТ 10150– 2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия
3. ГОСТ Р 54120-2010 Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования

Терминология и обозначения

ГОСТ 2.052-2006 — ЕСКД. Термины и определения в области конструкторской документации.

(Обеспечивает единообразие терминологии.)

ГОСТ 2.316-2013 — ЕСКД. Правила оформления технической документации (повторно для полноты).

Дополнительные стандарты по инженерной графике и CAD

ГОСТ Р 2.601-2013 — ЕСКД. Правила выполнения сборочных чертежей (актуальная редакция).

ГОСТ Р 2.602-2013 — ЕСКД. Правила оформления спецификаций (актуальная редакция).

ГОСТ 2.701-84 — ЕСКД. Аксонометрические проекции (повторно).

ГОСТ 2.109-73 — ЕСКД. Чертежи деталей (повторно).

ГОСТ 2.003-68 — ЕСКД. Конструкторская документация. Правила выполнения технических требований.

4.2. Основная литература

1. Баширов, Р. М. Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета : учебник / Р. М. Баширов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-2741-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://reader.lanbook.com/book/96242
2. Уханов, А. П. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, В. А. Голубев. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 188 с. — ISBN

978-5-8114-4582-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/122188

4.3. Дополнительная литература

1. Автомобильные двигатели. Рабочие процессы, конструкция, основы расчёта и эксплуатации : учебник / Н. Г. Фаталиев, М. М. Аливагабов, А. Х. Бекеев, М. А. Арсланов. — Махачкала : ДагГАУ имени М.М.Джамбулатова, 2018. — 316 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://reader.lanbook.com/book/113001
2. Щерба, В. Е. Теория, расчет и конструирование поршневых компрессоров объемного действия: В. Е. Щерба. — 2-е изд., доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 323 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09232-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/517027

4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Курс «Конструкция ДВС»
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=661

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 учиты-

вать 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 (экзамена). Дисциплина «Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин» является **формирующей** для компетенции **УК-1**, обеспечивая фундаментальные знания в области классификации, принципов работы, конструктивных особенностей и технико-экономических показателей поршневых двигателей и турбомашин, необходимые для анализа исходных данных и формирования требований к проектируемому изделию на первом этапе сквозного проекта «Концептуальное проектирование».

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Индикаторы достижения компетенции:

• **ИУК-1.1.** Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие.

• **ИУК-1.2.** Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи.

• **ИУК-1.3.** Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки.

Дисциплина «Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин» формирует фундаментальные знания и практические навыки, необходимые для выполнения всех указанных индикаторов компетенции. В рамках изучения дисциплины студент осваивает классификацию двигателей, принципы их работы, кинематику и динамику кривошипно-шатунного механизма, характеристики двигателей, а также основы устройства турбомашин. Эти знания являются теоретической базой для первого этапа сквозного проекта «Концептуальное проектирование».

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого модуля. Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, направленные на проверку знаний теоретических основ дисциплины, классификации двигателей, принципов работы, кинематики и динамики КШМ, характеристик двигателей, экологических показателей и основ устройства турбомашин. Результаты тестирования используются для оценки уровня освоения материала модуля и определения готовности студента к дальнейшему обучению. Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3 (анализ задачи, поиск и систематизация информации, предлагаемые варианты решений).

Устный опрос (собеседование)

Проводится в ходе практических занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать принципы работы двигателей, анализировать конструктивные особенности узлов и систем, обосновывать выбор тех или иных параметров. Устный опрос может быть как индивидуальным, так и фронтальным и направлен на выявление глубины усвоения материала, умения применять полученные знания для решения конкретных профессиональных задач. В рамках сквозного проекта устный опрос позволяет оценить способность студента анализировать исходные данные и формировать требования к проектируемому изделию. Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

Практические занятия

В ходе выполнения практических заданий (анализ классификации двигателей, расчёт основных параметров, построение и анализ индикаторной диаграммы, построение внешней скоростной характеристики) оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач. Результаты выполнения практических заданий фиксируются в виде отчётов или расчётно-графических работ, которые защищаются студентом в устной форме. Практические занятия направлены на формирование навыков анализа и синтеза информации, необходимых для выполнения первого этапа сквозного проекта. Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

Лабораторные занятия

Лабораторные занятия включают выполнение работ по изучению устройства и работы двигателей на разрезах или 3D-моделях, определению основных геометрических параметров двигателя по чертежам, изучению кинематики и динамики КШМ, а также изучению состава отработавших газов. В ходе выполнения лабораторных работ студент осваивает методы экспериментального исследования, учится анализировать полученные данные, обобщать и систематизировать информацию. Лабораторные работы выполняются в соответствии с методическими указаниями и защищаются студентом путём ответов на контрольные вопросы. Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

Экзамен

Промежуточная аттестация по итогам семестра проводится в форме экзамена. Экзамен позволяет комплексно оценить знания, умения и навыки студента по всем разделам дисциплины. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса по основным разделам дис-

циплины. Результаты экзамена определяют итоговую оценку по дисциплине и отражают степень сформированности компетенции УК-1, необходимой для выполнения первого этапа сквозного проекта «Концептуальное проектирование». Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

Роль дисциплины в оценке результатов сквозного проекта

Дисциплина «Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин» формирует фундаментальные знания, необходимые для выполнения первого этапа сквозного проекта — «Концептуальное проектирование». В рамках этого этапа студент должен освоить понятийный аппарат, научиться анализировать классификации двигателей, понимать принципы их работы, уметь определять основные параметры и характеристики. Результаты освоения дисциплины оцениваются в ходе защиты отчёта по первому этапу сквозного проекта, который включает анализ исходных данных и формирование технического задания на проектируемое изделие. Оценка сформированности компетенции по дисциплине учитывается при подведении итогов выполнения сквозного проекта в целом.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

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, решение задачи). 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 и закономерностями дисциплины, способен анализировать и систематизировать информацию. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

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. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

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 классификации двигателей, принципов их работы, кинематики и динамики КШМ, характеристик, экологических показателей и основ устройства турбомашин. Уверенно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту самостоятельно анализировать исходные данные и формировать обоснованное техническое задание.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями, но может испытывать затруднения при ответе на уточняющие вопросы. 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, обладает фрагментарными знаниями. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, требуют наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении. Отсутствует понимание основных принципов работы двигателей. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению первого этапа сквозного проекта.

Критерии оценки практических занятий

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил практическое задание правильно, в установленные сроки. Студент продемонстрировал понимание методики выполнения расчётов, способность применять теоретические знания для решения конкретной профессиональной задачи. При защите студент аргументирует последовательность действий, отвечает на уточняющие вопросы, демонстрирует владение профессиональной терминологией. В рамках сквозного проекта успешное выполнение практических заданий позволяет студенту сформировать навыки, необходимые для анализа исходных данных.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил практическое задание, выполнил его не в полном объёме или выполнил с грубыми ошибками. Студент не понимает методику выполнения расчётов, не может объяснить последовательность действий, не отвечает на вопросы по существу задания. Студент обязан выполнить практическое задание повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки лабораторных работ

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил лабораторную работу в полном объёме, в установленные сроки. Студент продемонстрировал понимание цели и методики проведения работы, умение работать с оборудованием, анализировать полученные результаты. При защите работы студент уверенно отвечает на контрольные вопросы, правильно интерпретирует полученные результаты. Отчёт оформлен в соответствии с требованиями.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил лабораторную работу, выполнил её не в полном объёме 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 отчёт или он оформлен с грубыми нарушениями. Студент обязан выполнить лабораторную работу повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки ответа на экзамене

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил программный материал по всем разделам дисциплины, исчерпывающе и логически стройно излагает ответы на теоретические вопросы. Студент демонстрирует полное знание классификации двигателей, принципов работы, кинематики и динамики КШМ, характеристик, экологических показателей и основ устройства турбомашин. Даёт полные ответы на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3 оценивается на продвинутом уровне, что подтверждает готовность студента к выполнению первого этапа сквозного проекта.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает ответы на теоретические вопросы, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными разделами дисциплины, но может испытывать затруднения при ответе на уточняющие вопросы. Сформированность индикаторов 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. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, профессиональная терминология используется недостаточно уверенно. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает грубые ошибки в изложении теоретических вопросов. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение первого этапа сквозного проекта.

Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность знаний и навыков, необходимых для освоения индикаторов компетенции **УК-1**.

Индикатор	Формируемые навыки	Методы контроля

Индикатор	Формируемые навыки	Методы контроля
ИУК-1.1	Анализирует задачу, выделяя её базовые составляющие (классификация двигателей, определение основных параметров, анализ принципов работы)	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, экзамен
ИУК-1.2	Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию (анализ характеристик двигателей, сравнение типов конструкций)	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, экзамен
ИУК-1.3	Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход (выбор оптимальных параметров двигателя, обоснование конструктивных решений)	Практические занятия, экзамен

Оценка сформированности знаний и навыков осуществляется комплексно с использованием всех методов контроля. Результаты текущего и итогового тестирования, устных опросов, выполнения практических и лабораторных работ, а также экзамена учитываются при формировании итоговой оценки по дисциплине и оценке выполнения первого этапа сквозного проекта.

7.3 Оценочные средства

Текущий контроль

Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается в 1-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определённые темы.

Модуль 1 (недели 1–9) — Введение в теорию двигателей. Кинематика и динамика КШМ

Включает темы: Тема 1. Введение. Классификация двигателей; Тема 2. Принцип работы поршневых двигателей; Тема 3. Основные понятия и определения теории двигателей; Тема 4. Рабочие циклы двигателей; Тема 5. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма.

Модуль 2 (недели 10–18) — Характеристики двигателей. Турбомашины

Включает темы: Тема 6. Характеристики двигателей; Тема 7. Экологические показатели двигателей; Тема 8. Основы устройства турбомашин.

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Введение в теорию двигателей. Кинематика и динамика КШМ

Перечень вопросов для собеседования:

1. Роль двигателей в современной энергетике и на транспорте. Краткий исторический обзор развития двигателестроения.
2. Классификация двигателей внутреннего сгорания (ДВС): по способу осуществления рабочего цикла, по способу смесеобразования, по виду применяемого топлива, по способу воспламенения, по конструктивным признакам.
3. Классификация турбомашин (турбины, компрессоры, турбокомпрессоры). Области применения.
4. Принцип действия четырёхтактного двигателя. Рабочий цикл: впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск.
5. Диаграмма фаз газораспределения. Принцип действия двухтактного двигателя. Схемы продувки.

6. Сравнение четырёхтактных и двухтактных двигателей.

7. Основные понятия и определения теории двигателей: мёртвые точки (ВМТ, НМТ), ход поршня, рабочий объём цилиндра, объём камеры сгорания, полный объём цилиндра, литраж двигателя.

8. Степень сжатия. Тактность двигателя.

9. Индикаторная диаграмма (понятие). Среднее индикаторное давление. Индикаторная мощность.

10. Эффективная мощность. Крутящий момент. Механические потери и механический КПД. Удельный расход топлива.

11. Идеальные циклы поршневых двигателей: циклы Отто, Дизеля, Тринклера. Сравнение идеальных циклов.

12. Действительные циклы. Процессы газообмена: впуск и выпуск. Факторы, влияющие на наполнение цилиндров.

13. Процесс сжатия. Показатель политропы сжатия.

14. Процесс сгорания в двигателях с искровым зажиганием и дизелях. Скорость сгорания, детонация.

15. Процесс расширения. Потери теплоты в стенки.

16. Основные элементы кривошипно-шатунного механизма (КШМ): поршень, шатун, коленчатый вал. Центральный и дезаксиальный КШМ.

17. Кинематика поршня: перемещение, скорость и ускорение поршня (качественный анализ, графики).

18. Силы, действующие в КШМ: сила давления газов, силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс, силы инерции вращающихся масс.

19. Суммарная сила, действующая на поршневой палец. Силы, действующие на шатунную и коренную шейки коленчатого вала.

20. Понятие о крутящем моменте двигателя.

Модуль 2. Характеристики двигателей. Турбомашины

Перечень вопросов для собеседования:

1. Скоростная характеристика двигателя. Внешняя скоростная характеристика (ВСХ). Частичные скоростные характеристики.

2. Зависимость эффективной мощности, крутящего момента, удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала.

3. Нагрузочная характеристика. Регулировочные характеристики. Понятие о многопараметровых характеристиках.

4. Токсичные компоненты отработавших газов (ОГ): оксиды азота (NOx), оксид углерода (CO), углеводороды (CH), твердые частицы (сажа). Механизмы образования токсичных веществ.

5. Влияние состава смеси, угла опережения зажигания, нагрузки и частоты вращения на токсичность ОГ.

6. Нормирование токсичности: стандарты Евро.

7. Методы снижения токсичности: внутрицилиндровые (рециркуляция ОГ, оптимизация процесса сгорания) и внешние (каталитические нейтрализаторы, сажевые фильтры).

8. Назначение и классификация турбомашин (компрессоры, турбины).

9. Принцип действия центробежного компрессора. Основные элементы: рабочее колесо с лопатками, диффузор, улитка. Понятие степени повышения давления.

10. Принцип действия центростремительной (радиальной) турбины. Основные элементы: сопловой аппарат, рабочее колесо. Понятие степени понижения давления.

11. Принцип действия осевого компрессора и осевой турбины (общее ознакомление).

12. Турбокомпрессор как агрегат наддува. Схема работы турбокомпрессора.

13. Влияние наддува на мощность и экономичность двигателя. Понятие интеркулера.

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 от-

вет, решение задачи). 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 процесс не является тактом в четырёхтактном двигателе?**
   - A) Впуск
   - B) Сжатие
   - C) Продувка
   - D) Выпуск

Правильный ответ: C

2. **Как называется отношение полного объёма цилиндра к объёму камеры сгорания?**
   - A) Литраж
   - B) Степень сжатия
   - C) Тактность
   - D) Рабочий объём

Правильный ответ: B

3. **Какой газ в отработавших газах дизельного двигателя является наиболее токсичным с точки зрения воздействия на здоровье человека?**
   - A) Углекислый газ (CO_2)
   - B) Водяной пар (H_2O)
   - C) Твердые частицы (сажа)
   - D) Азот (N_2)

Правильный ответ: C

4. **Какой элемент турбокомпрессора предназначен для повышения давления наддувочного воздуха?**
   - A) Турбина
   - B) Компрессор
   - C) Интеркулер
   - D) Выпускной коллектор

Правильный ответ: B

5. **Как изменяется крутящий момент двигателя с увеличением частоты вращения коленчатого вала до определённого предела?**
   - A) Монотонно возрастает
   - B) Монотонно убывает
   - C) Сначала возрастает, затем убывает
   - D) Остаётся неизменным

Правильный ответ: C

Оценочные средства для практических занятий

Типовые задания для практических занятий

Модуль 1

Задание 1. Анализ классификации двигателей. По заданным признакам (способ воспламенения, тактность, способ смесеобразования, вид топлива, конструктивное исполнение) подобрать примеры двигателей из реальных автомобилей. Обосновать выбор.

Задание 2. Расчёт основных параметров двигателя. По заданным геометрическим размерам (диаметр цилиндра, ход поршня, число цилиндров, степень сжатия) рассчитать рабочий объём цилиндра, литраж двигателя, объём камеры сгорания. Определить тактность двигателя по заданным параметрам.

Задание 3. Построение и анализ индикаторной диаграммы. По заданным значениям давления в характерных точках построить индикаторную диаграмму в координатах p-V. Определить работу цикла, среднее индикаторное давление.

Задание 4. Анализ фаз газораспределения. По заданной диаграмме фаз газораспределения определить углы открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов. Проанализировать влияние фаз на наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя.

Задание 5. Расчёт кинематических параметров поршня. По заданным геометрическим размерам КШМ (радиус кривошипа, длина шатуна, частота вращения) рассчитать перемещение, скорость и ускорение поршня для заданных углов поворота коленчатого вала. Построить графики.

Модуль 2

Задание 6. Построение и анализ внешней скоростной характеристики. По заданным значениям эффективной мощности и крутящего момента для различных частот вращения построить внешнюю скоростную характеристику двигателя. Определить максимальную мощность, максимальный крутящий момент, диапазон устойчивой работы.

Задание 7. Анализ экологических показателей. По заданному составу отработавших газов (процентное содержание CO, CH, NOx, CO_2) оценить экологический класс двигателя. Предложить мероприятия по снижению токсичности.

Задание 8. Изучение устройства и принципа действия турбокомпрессора. По схеме турбокомпрессора определить основные элементы, объяснить направление потоков воздуха и отработавших газов. Рассчитать степень повышения давления по заданным параметрам.

Оценочные средства для лабораторных занятий

Перечень лабораторных работ и контрольные вопросы для защиты

Лабораторная работа №1. Изучение устройства и работы 4-тактного двигателя на разрезе (или 3D-модели)

Краткое содержание: изучение устройства и принципа работы четырёхтактного двигателя с использованием натурного разреза или 3D-модели. Определение основных узлов и систем двигателя.

Контрольные вопросы для защиты:

- Перечислите основные узлы и системы двигателя.
- Объясните последовательность тактов в четырёхтактном двигателе.
- Какие клапаны открыты в каждый из тактов?
- Как осуществляется смазка и охлаждение двигателя?

Лабораторная работа №2. Определение основных геометрических параметров двигателя по чертежам

Краткое содержание: по чертежам деталей двигателя (поршень, гильза цилиндра, коленчатый вал) определить основные геометрические параметры: диаметр цилиндра, ход поршня, радиус кривошипа, длину шатуна.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как определить диаметр цилиндра по чертежу?
- Как определить ход поршня?
- Что такое радиус кривошипа и как его определить?
- Как связаны ход поршня и радиус кривошипа?

Лабораторная работа №3. Определение степени сжатия и рабочего объёма цилиндра

Краткое содержание: измерение или расчёт по чертежам рабочего объёма цилиндра и объёма камеры сгорания. Расчёт степени сжатия.

Контрольные вопросы для защиты:

- Что такое рабочий объём цилиндра?
- Что такое объём камеры сгорания?
- Как рассчитывается степень сжатия?
- В каких пределах находится степень сжатия у бензиновых и дизельных двигателей?

Лабораторная работа №4. Кинематика КШМ: моделирование движения поршня и шатуна (в CAD или на макете)

Краткое содержание: моделирование движения поршня и шатуна с использованием CAD-системы или учебного макета. Построение траекторий движения характерных точек.

Контрольные вопросы для защиты:

• Как перемещается поршень при вращении коленчатого вала?
• В каких точках скорость поршня максимальна и минимальна?
• Как движется шатун?
• Что такое угол между шатуном и осью цилиндра?

Лабораторная работа №5. Изучение конструкции турбокомпрессора (на разрезе или 3D-модели)

Краткое содержание: изучение устройства и принципа действия турбокомпрессора с использованием натурного разреза или 3D-модели. Определение основных элементов: компрессор, турбина, корпус подшипников.

Контрольные вопросы для защиты:
• Из каких основных элементов состоит турбокомпрессор?
• Какой газ вращает турбину?
• Для чего нужен компрессор?
• Как влияет турбокомпрессор на мощность двигателя?

Лабораторная работа №6. Изучение состава отработавших газов (демонстрация работы с газоанализатором)

Краткое содержание: знакомство с газоанализатором, измерение состава отработавших газов на работающем двигателе (демонстрация). Анализ полученных данных.

Контрольные вопросы для защиты:
• Какие компоненты измеряет газоанализатор?
• Какие значения CO и CH считаются нормальными для бензинового двигателя?
• Как влияет неисправность системы зажигания на состав ОГ?
• Для чего нужен лямбда-зонд?

Оценочные средства для курсовой работы (проекта)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены учебным планом.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Условия допуска к экзамену

Студент допускается к сдаче экзамена по итогам семестра при выполнении следующих условий:

• Успешное прохождение всех двух рубежных контролей (устных опросов по модулям) с оценкой не ниже «удовлетворительно».

• Выполнение и защита всех практических занятий, предусмотренных учебным планом (не менее 80% заданий выполнены и защищены).

• Выполнение и защита всех лабораторных работ, предусмотренных учебным планом.

• Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

Структура экзаменационного билета

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (по одному из каждого модуля).

Структура билета:

• **Вопрос 1** (Модуль 1): Введение в теорию двигателей. Кинематика и динамика КШМ.

• **Вопрос 2** (Модуль 2): Характеристики двигателей. Экологические показатели. Турбомашины.

Типовые экзаменационные билеты

Экзаменационный билет №1

Вопрос 1 (Модуль 1)

Принцип действия четырёхтактного двигателя. Рабочий цикл: впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск. Диаграмма фаз газораспределения.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Внешняя скоростная характеристика двигателя. Зависимость эффективной мощности, крутящего момента и удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала.

Экзаменационный билет №2

Вопрос 1 (Модуль 1)

Классификация двигателей внутреннего сгорания. Области применения различных типов двигателей.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Турбокомпрессор: назначение, устройство, принцип работы. Влияние наддува на мощность и экономичность двигателя.

Экзаменационный билет №3

Вопрос 1 (Модуль 1)

Силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме. Сила давления газов, силы инерции. Суммарная сила, действующая на поршневой палец.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Экологические показатели двигателей. Токсичные компоненты отработавших газов, механизмы их образования. Методы снижения токсичности.

Полный перечень теоретических вопросов к экзамену по каждой теме

Модуль 1. Введение в теорию двигателей. Кинематика и динамика КШМ

1. Роль двигателей в современной энергетике и на транспорте.
2. Классификация двигателей внутреннего сгорания.
3. Классификация турбомашин. Области применения.
4. Принцип действия четырёхтактного двигателя.
5. Принцип действия двухтактного двигателя. Схемы продувки.
6. Сравнение четырёхтактных и двухтактных двигателей.
7. Основные понятия и определения теории двигателей.
8. Степень сжатия. Тактность двигателя.
9. Индикаторная диаграмма. Среднее индикаторное давление. Индикаторная мощность.
10. Эффективная мощность. Крутящий момент. Механический КПД.
11. Идеальные циклы поршневых двигателей: Отто, Дизеля, Тринклера.
12. Действительные циклы. Процессы газообмена.
13. Процесс сжатия. Показатель политропы сжатия.
14. Процесс сгорания в двигателях с искровым зажиганием и дизелях. Детонация.
15. Процесс расширения. Потери теплоты.
16. Кривошипно-шатунный механизм: элементы, центральный и дезаксиальный КШМ.
17. Кинематика поршня: перемещение, скорость, ускорение.
18. Силы, действующие в КШМ: сила давления газов, силы инерции.
19. Суммарная сила, действующая на поршневой палец.
20. Понятие о крутящем моменте двигателя.

Модуль 2. Характеристики двигателей. Экологические показатели. Турбомашины

21. Скоростная характеристика двигателя. Внешняя скоростная характеристика.
22. Нагрузочная характеристика. Регулировочные характеристики.
23. Токсичные компоненты отработавших газов и механизмы их образования.
24. Влияние состава смеси, угла опережения зажигания, нагрузки на токсичность.
25. Нормирование токсичности: стандарты Евро.
26. Методы снижения токсичности: внутрицилиндровые и внешние.
27. Назначение и классификация турбомашин.
28. Принцип действия центробежного компрессора.
29. Принцип действия центростремительной турбины.
30. Принцип действия осевого компрессора и осевой турбины.
31. Турбокомпрессор: схема работы, назначение элементов.
32. Влияние наддува на мощность и экономичность двигателя. Интеркулер.