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
ТЕОРИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

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 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 6
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 6
3.2. Тематический план изучения дисциплины 6
3.3. Содержание дисциплины 8
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 10
3.4.1. Семинарские/практические занятия 10
3.4.2. Лабораторные занятия 11
3.5. Тематика курсовых работ 11
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 12
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 12
4.2. Основная литература 12
4.3. Дополнительная литература 13
4.4. Электронные образовательные ресурсы 13
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 13
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 13
5. Материально-техническое обеспечение 14
6. Методические рекомендации 15
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 15
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 16
7. Фонд оценочных средств 17
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 17
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 19
7.3 Оценочные средства 23

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся углублённых теоретических знаний и практических навыков в области анализа и расчёта термодинамических, газодинамических и физико-химических процессов, протекающих в поршневых двигателях, а также методов оценки и оптимизации их мощностных, экономических и экологических показателей на третьем этапе сквозного проектирования «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация».

Задачами дисциплины являются:

– изучение теории действительных циклов поршневых двигателей, включая процессы газообмена, сжатия, сгорания и расширения;

– освоение методик расчёта индикаторных и эффективных показателей двигателя, построения индикаторных диаграмм и их анализа;

– формирование навыков расчёта процессов смесеобразования и сгорания в двигателях с искровым зажиганием и воспламенением от сжатия;

– изучение влияния различных факторов (степени сжатия, углов опережения зажигания/впрыска, состава смеси, наддува) на показатели рабочего процесса;

– приобретение навыков теплового баланса двигателя и анализа путей повышения его эффективности;

– освоение методов расчёта параметров рабочего тела, теплоёмкостей и показателей адиабаты с учётом реальных свойств газов;

– изучение основ теории образования токсичных компонентов в отработавших газах и методов снижения их выбросов;

– формирование умения выполнять поверочные и проектировочные расчёты рабочих процессов с использованием современных программных средств.

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
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. Дисциплина обеспечивает глубокое изучение термодинамических и газодинамических процессов, протекающих в поршневых двигателях: газообмен, сжатие, сгорание, расширение, выпуск. Студенты осваивают методы расчёта индикаторных и эффективных показателей, анализа влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на рабочий процесс. В ходе выполнения курсовой работы и практических занятий формируются

навыки анализа задачи теплового расчёта с выделением её базовых составляющих (расчёт процессов впуска, сжатия, сгорания, расширения) (ИУК-1.1); осуществления поиска и критической оценки информации о влиянии степени сжатия, состава смеси, угла опережения зажигания на показатели двигателя, её обобщения и систематизации (ИУК-1.2); рассмотрения и предложения рациональных вариантов оптимизации рабочего процесса (выбор степени сжатия, фаз газораспределения, способа смесеобразования) с использованием системного подхода и критической оценкой их достоинств и недостатков (ИУК-1.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Теория рабочих процессов поршневых двигателей»** относится к **обязательной части блока Б.1** учебного плана (код дисциплины: Б1.1.20) и изучается в **4-м семестре** с курсовой работой.

Данная дисциплина является **центральной для третьего этапа сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация»**, обеспечивая углублённое понимание термодинамических и газодинамических процессов, протекающих в цилиндре двигателя, и формируя основу для расчёта мощностных, экономических и экологических показателей проектируемого изделия.

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

- **Термодинамика** (Б1.1.17, 3 семестр): знание законов термодинамики, методов анализа термодинамических циклов и свойств рабочих тел является фундаментом для изучения рабочих процессов.
- **Топлива и смазочные материалы энергетических установок** (Б1.1.18, 3-4 семестры): знание физико-химических свойств топлив и процессов их сгорания необходимо для анализа процессов в камере сгорания.
- **Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.1.11, 1 семестр): понимание принципов работы и основных понятий, заложенное во вводном курсе, развивается до уровня количественного анализа.
- **Конструкция поршневых двигателей** (Б1.2.2, 2 семестр): знание конструктивных особенностей двигателя необходимо для понимания, как геометрия камеры сгорания, газообмена и систем влияет на рабочий процесс.
- **Инженерная механика машин и механизмов** (Б1.1.21, 4 семестр), изучаемая параллельно, даёт понимание кинематики КШМ, необходимой для построения индикаторных диаграмм по углу поворота коленчатого вала.
- **Вычислительная гидрогазодинамика в проектировании и верификации двигателей** (Б1.1.19, 4-5 семестры), изучаемая параллельно, даёт начальные представления о моделировании течений, которые дополняют термодинамический анализ.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении следующих дисциплин и освоении элементов образовательной программы, обеспечивая завершение третьего и переход к четвёртому этапу сквозного проекта:

- **Динамический расчет поршневых двигателей** (Б1.2.4, 5 семестр): использует индикаторные диаграммы для определения газовых сил, действующих на поршень (III этап).
- **Конструирование и расчет механизмов энергетических установок** (Б1.1.22, 5-6 семестры) и **Конструирование поршневых двигателей** (Б1.2.8, 6 семестр): результаты теплового расчёта являются исходными данными для прочностного анализа (III этап).
- **Системы поршневых двигателей** (Б1.2.5, 5 семестр): требуют понимания рабочих процессов для расчёта и согласования характеристик систем (топливоподачи, газораспределения, наддува) (III этап).

- **Агрегаты наддува** (Б1.2.7, 6 семестр): параметры рабочего процесса двигателя определяют требования к системе наддува (III этап).
- **Расчет и оптимизация деталей двигателя** (Б1.2.9, 6 семестр): результаты термодинамического анализа используются как граничные условия для теплового и прочностного анализа (III этап).
- **Экология и токсичность поршневых двигателей** (Б1.2.17, 7 семестр): теория рабочих процессов является основой для понимания механизмов образования токсичных компонентов (IV этап).
- **Методы испытаний поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.14, 7 семестр): расчётные показатели рабочих процессов верифицируются экспериментально (IV этап).
- Все последующие дисциплины, связанные с расчётом, конструированием, доводкой и испытаниями двигателей, а также подготовка и защита выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4 зачетные единицы (144 часа)**.

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			4
1	Аудиторные занятия	72	72
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	Самостоятельная работа	72	72
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Экзамен	Экзамен
	Курсовой проект	–	–
	Курсовая работа	Курсовая работа	Курсовая работа
	Итого	**144**	**144**

Примечание: курсовая работа выполняется в рамках часов самостоятельной работы.

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 4	**Теория рабочих процессов поршневых двигателей**						
1	Тема 1. Введение. Рабочие тела и топлива	10	4	4	2	–	6
2	Тема 2. Термодинамический анализ идеальных циклов	14	8	4	2	2	6
3	Тема 3. Действительные циклы. Процессы газообмена	16	8	4	2	2	8
4	Тема 4. Процесс сжатия	10	4	2	2	–	6
5	Тема 5. Процесс сгорания в двигателях с искровым зажиганием	18	10	4	2	4	8
6	Тема 6. Процесс сгорания в дизелях	18	10	4	2	4	8
7	Тема 7. Процессы расширения и выпуска	10	4	2	2	–	6
8	Тема 8. Индикаторные и эффективные показатели двигателя	14	8	4	2	2	6

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
9	Тема 9. Характеристики двигателей	14	8	4	2	2	6
10	Тема 10. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на рабочий процесс	10	4	4	–	2	6
11	Выполнение курсовой работы	10	4	–	–	–	6
12	Подготовка к экзамену		–	–	–	–	
	Итого за 1 семестр	**144**	**72**	**36**	**18**	**18**	**72**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 4. Теория рабочих процессов поршневых двигателей

Тема1. Рабочие тела и топлива

Предмет и задачи теории рабочих процессов. Место дисциплины в сквозном проектировании. Рабочее тело в двигателе: свежий заряд, продукты сгорания. Химические реакции при сгорании топлив. Уравнения сгорания жидких и газообразных топлив. Определение стехиометрического количества воздуха, коэффициента избытка воздуха. Состав продуктов сгорания при полном и неполном сгорании. Коэффициент молекулярного изменения. Теплоёмкость свежего заряда и продуктов сгорания. Методы расчёта теплоёмкостей. Теплота сгорания топлив и горючей смеси. Требования к топливам для двигателей с искровым зажиганием (октановое число) и дизелей (цетановое число).

Тема 2. Термодинамический анализ идеальных циклов

Обобщённый (смешанный) цикл, цикл Отто, цикл Дизеля. Термодинамический анализ циклов в p-v и T-s координатах. Вывод формул для расчёта термического КПД и среднего давления цикла. Анализ влияния степени сжатия, степени повышения давления и степени предварительного расширения на термический КПД. Сравнение циклов при одинаковых условиях. Влияние показателя адиабаты на эффективность цикла. Идеальные циклы двигателей с наддувом.

Тема 3. Действительные циклы. Процессы газообмена

Отличие действительных циклов от идеальных. Потери теплоты и работы в действительном цикле. Процессы впуска и выпуска. Фазы газораспределения и их влияние на протекание процессов газообмена. Параметры рабочего тела во впускном коллекторе. Коэффициент остаточных газов. Расчёт параметров конца впуска (давление, температура). Коэффициент наполнения и его зависимость от скоростного режима, нагрузки, сопротивления впускной системы, фаз газораспределения. Влияние динамических явлений во впускном и выпускном трактах на наполнение. Процесс выпуска: параметры конца выпуска, использование энергии отработавших газов.

Тема 4. Процесс сжатия

Назначение процесса сжатия. Показатель политропы сжатия и факторы, влияющие на него (частота вращения, нагрузка, тепловое состояние двигателя, размеры цилиндра). Расчёт параметров конца сжатия (давление, температура). Влияние степени сжатия на параметры конца сжатия. Потери теплоты в стенки при сжатии.

Тема 5. Процесс сгорания в двигателях с искровым зажиганием

Требования к процессу сгорания. Нормальное сгорание. Скорость распространения пламени и факторы, влияющие на неё (состав смеси, турбулентность, форма камеры сгорания, угол опережения зажигания). Фазы сгорания (начальная фаза, фаза быстрого сгорания, фаза догорания). Индикаторная диаграмма и её характерные точки. Влияние угла опережения зажигания на рабочий процесс. Аномальные процессы сгорания: детонация и калильное зажигание. Причины возникновения, механизм протекания, последствия. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на детонацию. Октановое число топлива. Сгорание обеднённых и обогащённых смесей.

Тема 6. Процесс сгорания в дизелях

Особенности процесса сгорания в дизеле. Периоды сгорания (индукционный период, период быстрого сгорания, период диффузионного сгорания, период догорания). Скорость тепловыделения. Факторы, влияющие на период задержки воспламенения (цетановое число, температура и давление в конце сжатия, качество распыливания). Жёсткость работы дизеля. Смесеобразование в дизелях: объёмное, плёночное, объёмно-плёночное. Влияние вихревого движения воздуха. Камеры сгорания неразделённые и разделённые (вихревые, предкамерные). Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на процесс сгорания в дизеле.

Тема 7. Процессы расширения и выпуска

Процесс расширения. Показатель политропы расширения и факторы, влияющие на него. Расчёт параметров конца расширения (давление, температура). Потери теплоты при расширении. Процесс выпуска. Параметры выпускных газов. Энергия выпускных газов и её использование в турбокомпрессоре. Влияние противодавления на выпуске на рабочий процесс.

Тема 8. Индикаторные и эффективные показатели двигателя

Среднее индикаторное давление действительного цикла. Способы его определения (расчётный, по индикаторной диаграмме). Индикаторная мощность. Индикаторный КПД и удельный индикаторный расход топлива. Механические потери в двигателе: потери на трение, насосные потери, потери на привод вспомогательных агрегатов. Среднее давление

механических потерь. Механический КПД. Эффективные показатели: среднее эффективное давление, эффективная мощность, эффективный КПД, удельный эффективный расход топлива. Литровая мощность, поршневая мощность. Тепловой баланс двигателя.

Тема 9. Характеристики двигателей

Классификация характеристик. Скоростные характеристики: внешняя и частичные. Зависимость эффективной мощности, крутящего момента, удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала. Коэффициент приспособляемости. Нагрузочные характеристики. Зависимость расхода топлива и других показателей от нагрузки при постоянной частоте вращения. Регулировочные характеристики: по составу смеси, по углу опережения зажигания (впрыска). Многопараметровые характеристики. Экологические характеристики (зависимость выбросов токсичных компонентов от режима работы).

Тема 10. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на рабочий процесс

Влияние степени сжатия, диаметра цилиндра, хода поршня, формы камеры сгорания, фаз газораспределения на показатели двигателя. Влияние нагрузки, частоты вращения, угла опережения зажигания (впрыска), состава смеси, температуры охлаждающей жидкости и масла на мощностные, экономические и экологические показатели. Особенности рабочих процессов при работе на альтернативных топливах (газ, спирты, биодизель). Методы математического моделирования рабочих процессов (однозонные, двухзонные модели). Использование результатов расчёта рабочих процессов в сквозном проекте для обоснования параметров проектируемого двигателя.

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	Расчёт стехиометрического количества воздуха, состава продуктов сгорания	2
2	Тема 2	Термодинамический расчёт и анализ цикла Отто	2
3	Тема 2	Термодинамический расчёт и анализ цикла Дизеля	2
4	Тема 3	Расчёт параметров процесса впуска и коэффициента наполнения	2
5	Тема 4	Расчёт параметров процесса сжатия	2
6	Тема 5	Расчёт процесса сгорания в двигателе с искровым зажиганием	2
7	Тема 6	Расчёт процесса сгорания в дизеле	2
8	Тема 8	Расчёт индикаторных и эффективных показателей двигателя	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
9	Тема 9	Построение и анализ внешней скоростной характеристики	2
	Итого		**18**

3.4.2. Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
1	Тема 2	Снятие и анализ индикаторной диаграммы двигателя	2
2	Тема 3	Определение коэффициента наполнения по экспериментальным данным	2
3	Тема 5	Снятие регулировочной характеристики по углу опережения зажигания	2
4	Тема 5	Снятие регулировочной характеристики по составу смеси	2
5	Тема 6	Снятие нагрузочной характеристики дизеля	2
6	Тема 9	Снятие внешней скоростной характеристики бензинового двигателя	2
7	Тема 9	Снятие внешней скоростной характеристики дизеля	2
8	Тема 9	Определение механических потерь методом прокручивания	2
9	Тема 10	Оценка влияния состава смеси на токсичность отработавших газов	2
	Итого		**18**

3.5. Тематика курсовых работ

Курсовая работа выполняется в 4-м семестре и направлена на углублённое изучение теории рабочих процессов и их влияния на показатели проектируемого двигателя в рамках сквозного проектирования.

Цель курсовой работы: Выполнить тепловой расчёт и анализ рабочего процесса проектируемого двигателя с заданными параметрами, определить его основные показатели и оценить влияние конструктивных и режимных факторов на эффективность, экономичность и экологические характеристики.

Примерные темы курсовых работ:

1. Тепловой расчёт и анализ рабочего процесса бензинового двигателя мощностью _ кВт при частоте вращения _ мин$^{-1}$.
2. Тепловой расчёт и анализ рабочего процесса дизельного двигателя мощностью _ кВт при частоте вращения _ мин$^{-1}$.
3. Тепловой расчёт двигателя с искровым зажиганием и анализ влияния степени сжатия на его показатели.
4. Тепловой расчёт дизеля и анализ влияния давления наддува на эффективные показатели.
5. Сравнительный анализ рабочих процессов бензинового и дизельного двигателей одинаковой мощности.
6. Анализ влияния фаз газораспределения на показатели рабочего процесса двигателя.
7. Тепловой расчёт двигателя, работающего на газовом топливе.
8. Анализ влияния угла опережения зажигания на индикаторные показатели двигателя с искровым зажиганием.
9. Тепловой расчёт двигателя с наддувом и анализ его преимуществ.
10. Исследование влияния состава смеси на экономические и экологические показатели двигателя.

Структура курсовой работы:

- Введение (актуальность, цель и задачи работы).
- Выбор и обоснование исходных данных для расчёта.
- Расчёт процессов газообмена, сжатия, сгорания и расширения.
- Определение индикаторных и эффективных показателей двигателя.
- Построение индикаторной диаграммы и внешней скоростной характеристики.
- Анализ влияния одного из факторов (по варианту) на показатели двигателя.
- Тепловой баланс двигателя.
- Заключение с выводами по работе.
- Список использованной литературы.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 10150– 2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия
2. ГОСТ Р 54120-2010 Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования
3. ГОСТ Р 52033-2003 Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния
4. ГОСТ Р 52160—2003 автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.

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. 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

4.3. Дополнительная литература

1. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для вузов / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 308 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01738-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/511615
2. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты : учебник / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 199 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06943-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/516585

4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Курс «Теория рабочих процессов ДВС»
URL: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=6693

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.

Наименование специальных помещений	Оснащённость специальных помещений
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 (экзамена). Дисциплина «Теория рабочих процессов поршневых двигателей» является формирующей для компетенции УК-1, обеспечивая углублённые теоретические знания и практические навыки в области анализа и расчёта термодинамических, газодинамических и физико-химических процессов, протекающих в поршневых двигателях, а также методов оценки и оптимизации их мощностных, экономических и экологических показателей на третьем этапе сквозного проектирования «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация».

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 «Теория рабочих процессов поршневых двигателей» является центральной для третьего этапа сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация», обеспечивая углублённое понимание термодинамических и газодинамических процессов, протекающих в цилиндре двигателя, и формируя основу для расчёта мощностных, экономических и экологических показателей проектируемого изделия. В ходе изучения дисциплины студент осваивает теорию действительных циклов поршневых двигателей, процессы газообмена, сжатия, сгорания и расширения, методики расчёта индикаторных и эффективных показателей, анализ влияния различных факторов на рабочий процесс, методы теплового баланса, основы теории образования токсичных компонентов, а также методы математического моделирования рабочих процессов.

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей дисциплины (в четвёртом семестре дисциплина изучается в рамках одного семестра и делится на два модуля). Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, а также расчётные задачи, направленные на проверку знаний теории действительных циклов, процессов газообмена, сжатия, сгорания и расширения, методов расчёта индикаторных и эффективных показателей, анализа характеристик двигателей, а также влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на рабочий процесс. Результаты тестирования используются для оценки уровня освоения материала модуля и определения готовности студента к выполнению курсовой работы. Проверяемые

индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3 (анализ задачи, поиск и систематизация информации, предложение рациональных вариантов решения).

Устный опрос (собеседование)

Проводится в ходе практических занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать процессы, протекающие в двигателе, анализировать влияние параметров на показатели рабочего цикла, обосновывать выбор расчётных режимов. 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 анализировать рабочий процесс проектируемого двигателя и обосновывать выбор параметров. Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

Практические занятия

В ходе выполнения практических заданий (расчёт стехиометрического количества воздуха и состава продуктов сгорания, термодинамический расчёт циклов Отто и Дизеля, расчёт параметров процесса впуска и сжатия, расчёт процессов сгорания, расчёт индикаторных и эффективных показателей, построение и анализ внешней скоростной характеристики) оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач. Результаты выполнения практических заданий фиксируются в виде отчётов, которые защищаются студентом в устной форме. Практические занятия ориентированы на формирование навыков теплового расчёта, необходимых для выполнения курсовой работы и третьего этапа сквозного проекта. Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

Лабораторные занятия

В ходе выполнения лабораторных работ студент работает с учебными двигателями, измерительным оборудованием, системами сбора данных. Проводятся работы по снятию и анализу индикаторных диаграмм, определению коэффициента наполнения, снятию регулировочных и нагрузочных характеристик, снятию внешних скоростных характеристик, определению механических потерь, оценке влияния состава смеси на токсичность. Оценивается умение работать с лабораторным оборудованием, проводить измерения, обрабатывать результаты, анализировать полученные характеристики. Лабораторные работы выполняются в соответствии с методическими указаниями и защищаются студентом путем ответов на контрольные вопросы. Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

Курсовая работа

Курсовая работа выполняется в четвёртом семестре и является завершающим этапом формирования компетенций по теории рабочих процессов. Курсовая работа направлена на углублённое изучение теории рабочих процессов и их влияния на показатели проектируемого двигателя в рамках сквозного проектирования. Выполнение курсовой работы позволяет оценить способность студента самостоятельно выполнять тепловой расчёт и анализ рабочего процесса проектируемого двигателя с заданными параметрами, определять его основные показатели и оценивать влияние конструктивных и режимных факторов на эффективность, экономичность и экологические характеристики. Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

Экзамен

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена по завершении изучения дисциплины. Экзамен позволяет комплексно оценить знания, умения и навыки студента по всем разделам дисциплины. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса (по основным разделам теории рабочих процессов) и одно практико-ориентированное задание (расчётная задача или анализ параметров). Результаты экзамена определяют итоговую оценку по дисциплине и отражают степень сформированности знаний, необходимых для выполнения третьего этапа сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». Проверяемые индикаторы: ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3.

Роль дисциплины в оценке результатов сквозного проекта

Дисциплина «Теория рабочих процессов поршневых двигателей» формирует фундаментальные знания, необходимые для выполнения третьего этапа сквозного проекта – «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». В рамках этого этапа студент должен выполнить тепловой расчёт и анализ рабочего процесса проектируемого двигателя, определить его основные показатели, построить индикаторную диаграмму и внешнюю скоростную характеристику, проанализировать влияние конструктивных и режимных факторов на эффективность, экономичность и экологические характеристики. Результаты освоения дисциплины оцениваются в ходе защиты курсовой работы и отчета по третьему этапу сквозного проекта. Оценка сформированности компетенций 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, 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 теории рабочих процессов, умеет рассчитывать параметры процессов газообмена, сжатия, сгорания и расширения, определять индикаторные и эффективные показатели, анализировать характеристики двигателей. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИУК-1.1, ИУК-1.2 и ИУК-1.3 в части теоретических основ рабочих процессов поршневых двигателей.

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 расчёте параметров рабочего цикла, не может анализировать влияние факторов на показатели двигателя. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

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 рассчитывает параметры рабочего цикла, анализирует влияние конструктивных и режимных факторов на показатели двигателя, владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов ИУК-1.1, ИУК-1.2 и ИУК-1.3 оценивается на продвинутом уровне, что позволяет студенту успешно выполнить курсовую работу и раздел сквозного проекта, связанный с тепловым расчётом.

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 расчётом процессов сгорания или анализом характеристик. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне, достаточном для выполнения курсовой работы и 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 расчёте процессов сгорания, не в полной мере владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне, что требует дополнительной работы для успешного выполнения курсовой работы.

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 рассчитать параметры рабочего цикла, допускает грубые ошибки. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение курсовой работы без дополнительной подготовки.

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 теории действительных циклов, процессов газообмена, сжатия, сгорания и расширения, методов расчёта индикаторных и эффективных показателей, анализа характеристик двигателей, влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на рабочий процесс. Уверенно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту самостоятельно выполнять тепловой расчёт рабочего цикла проектируемого двигателя.

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 рассчитывать параметры процессов, но может испытывать затруднения при ответе на уточняющие вопросы или при объяснении сложных разделов (например, механизмы образования токсичных компонентов). 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 расчёте процессов сгорания, 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 рассчитать параметры рабочего цикла. Отсутствует понимание физических процессов, протекающих в двигателе. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению курсовой работы.

Критерии оценки практических занятий

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил практическое задание правильно, в установленные сроки. Студент продемонстрировал понимание методики решения задачи, способность применять теоретические знания для расчёта параметров рабочего цикла, определения показателей двигателя, построения характеристик. При защите студент аргументирует полученные результаты, отвечает на уточняющие вопросы, демонстрирует владение профессиональной терминологией. В рамках сквозного проекта успешное выполнение практических заданий позволяет студенту овладеть методами теплового расчёта, необходимыми для выполнения курсовой работы.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил практическое задание, выполнил его не в полном объеме, или выполнил с грубыми ошибками. Студент не понимает методику решения, не может объяснить полученные результаты, не отвечает на

вопросы по существу задания, не владеет профессиональной терминологией. Студент обязан выполнить практическое задание повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки лабораторных работ

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил лабораторную работу в полном объеме, в установленные сроки. Студент продемонстрировал умение работать с лабораторным оборудованием, проводить измерения, обрабатывать результаты, анализировать полученные характеристики. 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 практический опыт экспериментального исследования рабочих процессов, необходимый для верификации расчётных моделей 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.

Критерии оценки курсовой работы

Курсовая работа выполняется в четвёртом семестре. Оценка выставляется по результатам защиты выполненной работы. Защита проводится в форме устной презентации результатов с последующим ответом на вопросы преподавателя. Максимальная оценка – 5 баллов (отлично). Критерии оценки включают полноту выполнения задания, качество расчётов, правильность построения диаграмм и характеристик, обоснованность выводов, качество оформления пояснительной записки и презентации.

Оценка «отлично» выставляется студенту, который полностью выполнил курсовую работу в соответствии с требованиями. Студент демонстрирует глубокое понимание теории рабочих процессов, самостоятельно выполняет тепловой расчёт двигателя, корректно определяет параметры процессов газообмена, сжатия, сгорания и расширения, рассчитывает индикаторные и эффективные показатели, строит индикаторную диаграмму и внешнюю скоростную характеристику, проводит анализ влияния факторов на показатели двигателя. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, содержит все необходимые расчёты и графические материалы. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание взаимосвязей между параметрами рабочего процесса и показателями двигателя. Сформированность индикаторов ИУК-1.1, ИУК-1.2 и ИУК-1.3 оценивается на продвинутом уровне. Результаты курсовой работы могут быть использованы в качестве основы для последующих этапов сквозного проекта.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который выполнил курсовую работу в полном объеме, но допускает отдельные неточности в расчётах или незначительные ошибки в построении характеристик. Студент демонстрирует понимание теории рабочих процессов, способен выполнять тепловой расчёт, но может испытывать затруднения при анализе влияния факторов на показатели двигателя. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, но содержит незначительные замечания. При защите студент в целом отвечает на вопросы, но может допускать неточности. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который выполнил курсовую работу, но допустил существенные ошибки в расчётах или не полностью выполнил требуемые

разделы. Студент демонстрирует фрагментарные знания теории рабочих процессов, испытывает значительные затруднения при расчёте процессов сгорания. Пояснительная записка оформлена с нарушениями требований. При защите студент отвечает на вопросы неуверенно, требует наводящих вопросов. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не выполнил курсовую работу, выполнил его не в полном объеме или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания теории рабочих процессов, не может выполнить тепловой расчёт. Пояснительная записка отсутствует или оформлена с грубыми нарушениями. При защите студент не отвечает на вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня. Студент обязан выполнить курсовую 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, исчерпывающе и логически стройно излагает ответы на теоретические вопросы. Студент демонстрирует полное знание теории действительных циклов, процессов газообмена, сжатия, сгорания и расширения, методов расчёта индикаторных и эффективных показателей, анализа характеристик двигателей, влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на рабочий процесс. Уверенно и без ошибок выполняет практико-ориентированное задание (расчётную задачу или анализ параметров), аргументирует последовательность решения, делает обоснованные выводы. Дает полные ответы на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов ИУК-1.1, ИУК-1.2 и ИУК-1.3 оценивается на продвинутом уровне, что подтверждает готовность студента к выполнению третьего 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 понятиями и методами, умеет решать типовые задачи. Выполняет практико-ориентированное задание в целом правильно, но может испытывать затруднения при обосновании отдельных этапов. На дополнительные вопросы отвечает в целом правильно, но допускает несущественные ошибки. 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. Выполняет практико-ориентированное задание с помощью наводящих вопросов или допускает ошибки в расчётах. 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. Студент не может выполнить практико-ориентированное задание или выполняет его с грубыми ошибками, не понимает сути задания. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение третьего 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. Дисциплина является формирующей для указанной компетенции.

ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Формируется через изучение методик теплового расчёта, анализа рабочих процессов, выделение основных параметров, влияющих на показатели двигателя. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа, экзамен.

ИУК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи. Формируется через работу со справочной литературой, нормативными документами, базами данных, анализ различных подходов к расчёту рабочих процессов, выбор оптимальных методик. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа, экзамен.

ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки. Формируется через анализ влияния конструктивных и режимных параметров на показатели двигателя, выбор оптимальных параметров для проектируемого двигателя, оценку эффективности различных конструктивных решений. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, курсовая работа, 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, защиты курсовой работы, а также экзамена учитываются при формировании итоговой оценки по дисциплине и оценке выполнения третьего этапа сквозного проекта. Дисциплина «Теория рабочих процессов поршневых двигателей» закладывает содержательную основу для последующего формирования компетенций на этапах расчётного обоснования, верификации и оптимизации, обеспечивая студента знаниями и навыками, необходимыми для анализа рабочих процессов, расчёта энергетической эффективности, определения тепловых нагрузок на детали, а также для понимания физических процессов, лежащих в основе работы двигателей.

7.3 Оценочные средства

Текущий контроль

Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается в 4-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определенные темы.

Модуль 1 (недели 1–8) — Основы теории рабочих процессов. Газообмен и сжатие

Включает темы: Тема 1. Введение. Рабочие тела и топлива; Тема 2. Термодинамический анализ идеальных циклов; Тема 3. Действительные циклы. Процессы газообмена; Тема 4. Процесс сжатия.

Модуль 2 (недели 9–16) — Сгорание, расширение и показатели двигателя

Включает темы: Тема 5. Процесс сгорания в двигателях с искровым зажиганием; Тема 6. Процесс сгорания в дизелях; Тема 7. Процессы расширения и выпуска; Тема 8. Индикаторные и эффективные показатели двигателя; Тема 9. Характеристики двигателей; Тема 10. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на рабочий процесс.

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Основы теории рабочих процессов. Газообмен и сжатие

Перечень вопросов для собеседования:

1. Предмет и задачи теории рабочих процессов. Место дисциплины в сквозном проектировании.
2. Рабочее тело в двигателе: свежий заряд, продукты сгорания. Химические реакции при сгорании топлив. Уравнения сгорания жидких и газообразных топлив.
3. Определение стехиометрического количества воздуха, коэффициента избытка воздуха. Состав продуктов сгорания при полном и неполном сгорании.
4. Коэффициент молекулярного изменения. Теплоёмкость свежего заряда и продуктов сгорания. Методы расчёта теплоёмкостей.
5. Теплота сгорания топлив и горючей смеси. Требования к топливам для двигателей с искровым зажиганием (октановое число) и дизелей (цетановое число).
6. Обобщённый (смешанный) цикл, цикл Отто, цикл Дизеля. Термодинамический анализ циклов в p-v и T-s координатах.
7. Вывод формул для расчёта термического КПД и среднего давления цикла. Анализ влияния степени сжатия, степени повышения давления и степени предварительного расширения на термический КПД.
8. Сравнение циклов Отто, Дизеля и Тринклера при одинаковых условиях. Идеальные циклы двигателей с наддувом.
9. Отличие действительных циклов от идеальных. Потери теплоты и работы в действительном цикле.
10. Процессы впуска и выпуска. Фазы газораспределения и их влияние на протекание процессов газообмена.
11. Параметры рабочего тела во впускном коллекторе. Коэффициент остаточных газов. Расчёт параметров конца впуска (давление, температура).
12. Коэффициент наполнения и его зависимость от скоростного режима, нагрузки, сопротивления впускной системы, фаз газораспределения.
13. Влияние динамических явлений во впускном и выпускном трактах на наполнение. Процесс выпуска: параметры конца выпуска, использование энергии отработавших газов.
14. Назначение процесса сжатия. Показатель политропы сжатия и факторы, влияющие на него (частота вращения, нагрузка, тепловое состояние двигателя, размеры цилиндра).
15. Расчёт параметров конца сжатия (давление, температура). Влияние степени сжатия на параметры конца сжатия. Потери теплоты в стенки при сжатии.

Модуль 2. Сгорание, расширение и показатели двигателя

Перечень вопросов для собеседования:

1. Требования к процессу сгорания в двигателях с искровым зажиганием. Нормальное сгорание.
2. Скорость распространения пламени и факторы, влияющие на неё (состав смеси, турбулентность, форма камеры сгорания, угол опережения зажигания).
3. Фазы сгорания (начальная фаза, фаза быстрого сгорания, фаза догорания). Индикаторная диаграмма и её характерные точки.
4. Влияние угла опережения зажигания на рабочий процесс. Аномальные процессы сгорания: детонация и калильное зажигание.
5. Причины возникновения детонации, механизм протекания, последствия. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на детонацию. Октановое число топлива.

6. Особенности процесса сгорания в дизеле. Периоды сгорания (индукционный период, период быстрого сгорания, период диффузионного сгорания, период догорания).
7. Скорость тепловыделения. Факторы, влияющие на период задержки воспламенения (цетановое число, температура и давление в конце сжатия, качество распыливания). Жёсткость работы дизеля.
8. Смесеобразование в дизелях: объёмное, плёночное, объёмно-плёночное. Влияние вихревого движения воздуха. Камеры сгорания неразделённые и разделённые (вихревые, предкамерные).
9. Процесс расширения. Показатель политропы расширения и факторы, влияющие на него. Расчёт параметров конца расширения (давление, температура). Потери теплоты при расширении.
10. Процесс выпуска. Параметры выпускных газов. Энергия выпускных газов и её использование в турбокомпрессоре. Влияние противодавления на выпуске на рабочий процесс.
11. Среднее индикаторное давление действительного цикла. Способы его определения (расчётный, по индикаторной диаграмме). Индикаторная мощность.
12. Индикаторный КПД и удельный индикаторный расход топлива. Механические потери в двигателе: потери на трение, насосные потери, потери на привод вспомогательных агрегатов.
13. Среднее давление механических потерь. Механический КПД. Эффективные показатели: среднее эффективное давление, эффективная мощность, эффективный КПД, удельный эффективный расход топлива.
14. Литровая мощность, поршневая мощность. Тепловой баланс двигателя.
15. Классификация характеристик двигателей. Скоростные характеристики: внешняя и частичные.
16. Зависимость эффективной мощности, крутящего момента, удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала. Коэффициент приспособляемости.
17. Нагрузочные характеристики. Зависимость расхода топлива и других показателей от нагрузки при постоянной частоте вращения.
18. Регулировочные характеристики: по составу смеси, по углу опережения зажигания (впрыска). Многопараметровые характеристики. Экологические характеристики.
19. Влияние степени сжатия, диаметра цилиндра, хода поршня, формы камеры сгорания, фаз газораспределения на показатели двигателя.
20. Влияние нагрузки, частоты вращения, угла опережения зажигания (впрыска), состава смеси, температуры охлаждающей жидкости и масла на мощностные, экономические и экологические показатели.
21. Особенности рабочих процессов при работе на альтернативных топливах (газ, спирты, биодизель). Методы математического моделирования рабочих процессов (однозонные, двухзонные модели).

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 параметр характеризует степень сжатия двигателя?**
2. А) Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания
3. В) Отношение рабочего объема к полному объему

4. C) Отношение хода поршня к диаметру цилиндра
5. D) Отношение радиуса кривошипа к длине шатуна

Правильный ответ: A

6. **Какой процесс в двигателе с искровым зажиганием называется детонацией?**
7. A) Нормальное распространение фронта пламени
8. B) Самовоспламенение несгоревшей части рабочей смеси
9. C) Сгорание смеси в выхлопном тракте
10. D) Пропуски воспламенения

Правильный ответ: B

11. **Какой показатель характеризует экономичность двигателя?**
12. A) Эффективная мощность
13. B) Крутящий момент
14. C) Удельный эффективный расход топлива
15. D) Литровая мощность

Правильный ответ: C

16. **Что характеризует коэффициент наполнения?**
17. A) Степень использования теплоты сгорания топлива
18. B) Степень заполнения цилиндра свежим зарядом
19. C) Потери мощности на трение
20. D) Скорость распространения пламени

Правильный ответ: B

21. **Какой параметр влияет на величину индикаторного КПД?**
22. A) Только степень сжатия
23. B) Только состав смеси
24. C) Степень сжатия, состав смеси, угол опережения зажигания
25. D) Только частота вращения

Правильный ответ: C

Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является составной частью курсовой работы и представляет собой выполнение теплового расчёта рабочего цикла проектируемого двигателя. Задание выполняется студентом самостоятельно в рамках курсовой работы.

Содержание индивидуального задания:

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Выбор и обоснование исходных данных для расчёта.** На основе заданного типа двигателя (бензиновый, дизельный, газовый) и его основных параметров (мощность, частота вращения, число цилиндров) выбираются исходные данные для теплового расчёта: тип камеры сгорания, степень сжатия, коэффициент избытка воздуха, параметры окружающей среды.
2. **Расчёт процессов газообмена, сжатия, сгорания и расширения.** Выполняется расчёт параметров рабочего тела в характерных точках индикаторной диаграммы (впуск, сжатие, сгорание, расширение, выпуск). Определяются показатели политропы сжатия и расширения, давление и температура в конце сжатия, параметры процесса сгорания.
3. **Определение индикаторных и эффективных показателей двигателя.** Рассчитываются среднее индикаторное давление, индикаторная мощность, индикаторный КПД, удельный индикаторный расход топлива. Определяются механические потери, среднее давление механических потерь, механический КПД, эффективная мощность, эффективный КПД, удельный эффективный расход топлива.

4. **Построение индикаторной диаграммы.** Выполняется построение развёрнутой индикаторной диаграммы в координатах p-φ (давление – угол поворота коленчатого вала). Определяются характерные точки диаграммы.
5. **Построение внешней скоростной характеристики.** Для заданного диапазона частот вращения коленчатого вала рассчитываются значения эффективной мощности, крутящего момента и удельного эффективного расхода топлива. Строятся графики внешней скоростной характеристики.
6. **Тепловой баланс двигателя.** Составляется тепловой баланс двигателя, определяются составляющие теплового баланса (теплота, эквивалентная эффективной работе, потери теплоты с отработавшими газами, потери в системе охлаждения, механические потери, неучтённые потери).
7. **Анализ влияния факторов на показатели двигателя.** Выполняется анализ влияния степени сжатия, угла опережения зажигания (впрыска), состава смеси на показатели двигателя.

Требования к оформлению:

Индивидуальное задание выполняется в рамках курсовой работы. Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями к курсовой работе. Графическая часть включает индикаторную диаграмму и внешнюю скоростную характеристику.

Оценочные средства для практических занятий

Типовые задания для практических занятий

Модуль 1. Основы теории рабочих процессов. Газообмен и сжатие

Задание 1. Расчёт стехиометрического количества воздуха, состава продуктов сгорания

Для заданного топлива (бензин, дизельное топливо, газ) определить теоретически необходимое количество воздуха, действительное количество воздуха при заданном коэффициенте избытка воздуха, состав продуктов сгорания (массовые и объёмные доли).

Задание 2. Термодинамический расчёт и анализ цикла Отто

Для заданных параметров цикла Отто (начальные давление и температура, степень сжатия, количество подведённой теплоты) определить параметры в характерных точках, термический КПД, работу цикла. Построить цикл в p-v и T-s координатах.

Задание 3. Термодинамический расчёт и анализ цикла Дизеля

Для заданных параметров цикла Дизеля (начальные давление и температура, степень сжатия, степень предварительного расширения) определить параметры в характерных точках, термический КПД, работу цикла. Сравнить КПД цикла Дизеля и цикла Отто при одинаковой степени сжатия.

Задание 4. Расчёт параметров процесса впуска и коэффициента наполнения

Для заданных параметров двигателя (давление и температура на впуске, противодавление на выпуске, фазы газораспределения) определить давление и температуру в конце впуска, коэффициент остаточных газов, коэффициент наполнения.

Задание 5. Расчёт параметров процесса сжатия

Для заданных параметров конца впуска и степени сжатия определить давление и температуру в конце сжатия. Построить график зависимости давления и температуры конца сжатия от степени сжатия.

Модуль 2. Сгорание, расширение и показатели двигателя

Задание 6. Расчёт процесса сгорания в двигателе с искровым зажиганием

Для заданных параметров двигателя (степень сжатия, состав смеси, теплота сгорания топлива) определить параметры конца сгорания (давление, температуру). Рассчитать максимальное давление цикла.

Задание 7. Расчёт процесса сгорания в дизеле

Для заданных параметров дизеля (степень сжатия, степень повышения давления, степень предварительного расширения) определить параметры конца сгорания. Рассчитать работу цикла.

Задание 8. Расчёт индикаторных и эффективных показателей двигателя

По заданным параметрам индикаторной диаграммы и механическим потерям определить среднее индикаторное давление, индикаторную мощность, среднее эффективное давление, эффективную мощность, индикаторный и эффективный КПД, удельные расходы топлива.

Задание 9. Построение и анализ внешней скоростной характеристики

Для заданного двигателя по эмпирическим формулам рассчитать значения эффективной мощности, крутящего момента и удельного эффективного расхода топлива для ряда частот вращения. Построить внешнюю скоростную характеристику. Определить коэффициент приспособляемости.

Оценочные средства для лабораторных занятий

Перечень лабораторных работ и контрольные вопросы для защиты

Лабораторная работа №1. Снятие и анализ индикаторной диаграммы двигателя

Краткое содержание: снятие индикаторной диаграммы давления в цилиндре двигателя с помощью датчика давления и системы сбора данных. Анализ характерных точек диаграммы (впуск, сжатие, сгорание, расширение, выпуск). Определение индикаторной работы и среднего индикаторного давления.

Контрольные вопросы для защиты:

- Что такое индикаторная диаграмма?
- Какие процессы отображаются на индикаторной диаграмме?
- Как определить работу цикла по индикаторной диаграмме?
- Какие факторы влияют на форму индикаторной диаграммы?

Лабораторная работа №2. Определение коэффициента наполнения по экспериментальным данным

Краткое содержание: измерение расхода воздуха, давления и температуры на впуске. Расчёт коэффициента наполнения. Сравнение с расчётным значением.

Контрольные вопросы для защиты:

- Что характеризует коэффициент наполнения?
- Как экспериментально определить коэффициент наполнения?
- Какие факторы влияют на коэффициент наполнения?
- Как повысить коэффициент наполнения?

Лабораторная работа №3. Снятие регулировочной характеристики по углу опережения зажигания

Краткое содержание: изменение угла опережения зажигания при постоянной частоте вращения и нагрузке. Измерение мощности, расхода топлива, токсичности отработавших газов. Определение оптимального угла опережения зажигания.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как влияет угол опережения зажигания на мощность и экономичность?
- Что такое оптимальный угол опережения зажигания?
- Как угол опережения зажигания влияет на токсичность?
- Какие признаки указывают на неправильный угол опережения зажигания?

Лабораторная работа №4. Снятие регулировочной характеристики по составу смеси

Краткое содержание: изменение состава смеси (коэффициента избытка воздуха) при постоянной частоте вращения и нагрузке. Измерение мощности, расхода топлива, токсичности. Определение оптимального состава смеси.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как влияет состав смеси на мощность и экономичность?

- Что такое стехиометрическая смесь?
- Как состав смеси влияет на токсичность отработавших газов?
- Какие режимы работы двигателя требуют обогащённой или обеднённой смеси?

Лабораторная работа №5. Снятие нагрузочной характеристики дизеля

Краткое содержание: изменение нагрузки при постоянной частоте вращения. Измерение расхода топлива, температуры отработавших газов. Построение нагрузочной характеристики. Анализ влияния нагрузки на экономичность и токсичность.

Контрольные вопросы для защиты:

- Что такое нагрузочная характеристика?
- Как изменяется удельный расход топлива с изменением нагрузки?
- Почему на холостом ходу удельный расход топлива высокий?
- Как нагрузка влияет на токсичность дизеля?

Лабораторная работа №6. Снятие внешней скоростной характеристики бензинового двигателя

Краткое содержание: изменение частоты вращения при полностью открытой дроссельной заслонке. Измерение мощности, крутящего момента, расхода топлива. Построение внешней скоростной характеристики.

Контрольные вопросы для защиты:

- Что такое внешняя скоростная характеристика?
- Как изменяется крутящий момент с увеличением частоты вращения?
- Как изменяется мощность с увеличением частоты вращения?
- Что такое коэффициент приспособляемости?

Лабораторная работа №7. Снятие внешней скоростной характеристики дизеля

Краткое содержание: изменение частоты вращения при положении рейки ТНВД, соответствующем полной нагрузке. Измерение мощности, крутящего момента, расхода топлива. Построение внешней скоростной характеристики.

Контрольные вопросы для защиты:

- В чем отличие внешней скоростной характеристики дизеля от бензинового двигателя?
- Почему крутящий момент дизеля изменяется плавно?
- Как регулируется подача топлива в дизеле?
- Каковы особенности эксплуатации дизеля на различных режимах?

Лабораторная работа №8. Определение механических потерь методом прокручивания

Краткое содержание: прокручивание двигателя внешним источником (электродвигателем) при отключённом зажигании и топливоподаче. Измерение мощности, затрачиваемой на прокручивание. Определение среднего давления механических потерь.

Контрольные вопросы для защиты:

- Что такое механические потери?
- Какие составляющие входят в механические потери?
- Как определяется среднее давление механических потерь?
- Как влияет частота вращения на механические потери?

Лабораторная работа №9. Оценка влияния состава смеси на токсичность отработавших газов

Краткое содержание: изменение состава смеси, измерение концентрации CO, CH, NOx. Анализ влияния состава смеси на токсичность. Определение оптимального состава смеси по экологическим критериям.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие токсичные компоненты содержатся в отработавших газах?
- Как влияет состав смеси на содержание CO?
- Как влияет состав смеси на содержание NOx?
- Каковы пути снижения токсичности отработавших газов?

Оценочные средства для курсовой работы

Курсовая работа выполняется в 4-м семестре и является завершающим этапом формирования компетенций по теории рабочих процессов. Курсовая работа направлена на углублённое изучение теории рабочих процессов и их влияния на показатели проектируемого двигателя в рамках сквозного проектирования.

Цель курсовой работы: выполнить тепловой расчёт и анализ рабочего процесса проектируемого двигателя с заданными параметрами, определить его основные показатели и оценить влияние конструктивных и режимных факторов на эффективность, экономичность и экологические характеристики.

Примерные темы курсовых работ:

1. Тепловой расчёт и анализ рабочего процесса бензинового двигателя мощностью _ кВт при частоте вращения _ мин$^{-1}$.
2. Тепловой расчёт и анализ рабочего процесса дизельного двигателя мощностью _ кВт при частоте вращения _ мин$^{-1}$.
3. Тепловой расчёт двигателя с искровым зажиганием и анализ влияния степени сжатия на его показатели.
4. Тепловой расчёт дизеля и анализ влияния давления наддува на эффективные показатели.
5. Сравнительный анализ рабочих процессов бензинового и дизельного двигателей одинаковой мощности.
6. Анализ влияния фаз газораспределения на показатели рабочего процесса двигателя.
7. Тепловой расчёт двигателя, работающего на газовом топливе.
8. Анализ влияния угла опережения зажигания на индикаторные показатели двигателя с искровым зажиганием.
9. Тепловой расчёт двигателя с наддувом и анализ его преимуществ.
10. Исследование влияния состава смеси на экономические и экологические показатели двигателя.

Структура курсовой работы:

- **Введение** (актуальность, цель и задачи работы).
- **Выбор и обоснование исходных данных для расчёта**.
- **Расчёт процессов газообмена, сжатия, сгорания и расширения**.
- **Определение индикаторных и эффективных показателей двигателя**.
- **Построение индикаторной диаграммы и внешней скоростной характеристики**.
- **Анализ влияния одного из факторов (по варианту) на показатели двигателя**.
- **Тепловой баланс двигателя**.
- **Заключение** с выводами по работе.
- **Список использованной литературы**.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Условия допуска к экзамену

Студент допускается к сдаче экзамена 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 всех практических занятий (не менее 80% заданий выполнены и защищены).
- Выполнение и защита курсовой работы с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

Структура экзаменационного билета

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (по одному из каждого модуля) и одного практического задания (расчётная задача или анализ параметров).

Структура билета:

- **Вопрос 1** (Модуль 1): Основы теории рабочих процессов, газообмен, сжатие, идеальные и действительные циклы.
- **Вопрос 2** (Модуль 2): Сгорание, расширение, индикаторные и эффективные показатели, характеристики двигателей, влияние факторов.
- **Задание 3**: Расчётная задача (расчёт параметров процесса, показателей двигателя, анализ характеристик).

Типовые экзаменационные билеты

Экзаменационный билет №1

Вопрос 1 (Модуль 1)

Действительные циклы поршневых двигателей. Отличие действительных циклов от идеальных. Процессы газообмена: впуск и выпуск. Фазы газораспределения, их влияние на протекание процессов газообмена. Коэффициент наполнения и его зависимость от различных факторов.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Процесс сгорания в двигателях с искровым зажиганием. Нормальное сгорание. Скорость распространения пламени. Фазы сгорания. Влияние угла опережения зажигания на рабочий процесс. Детонация: причины возникновения, механизм протекания, последствия.

Задание 3

Для бензинового двигателя известны: степень сжатия $\varepsilon = 8{,}5$; давление и температура в конце впуска $p_a = 0{,}085$ МПа, $T_a = 340$ К; показатель политропы сжатия $n_1 = 1{,}34$. Определить давление и температуру в конце сжатия. Построить процесс сжатия в координатах p-v (качественно).

Экзаменационный билет №2

Вопрос 1 (Модуль 1)

Идеальные циклы поршневых двигателей. Цикл Отто: схема, p-v и T-s диаграммы, расчёт термического КПД. Влияние степени сжатия на КПД цикла. Цикл Дизеля. Сравнение циклов Отто и Дизеля.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Индикаторные и эффективные показатели двигателя. Среднее индикаторное давление, индикаторная мощность, индикаторный КПД, удельный индикаторный расход топлива. Механические потери, среднее давление механических потерь, механический КПД. Эффективные показатели. Тепловой баланс двигателя.

Задание 3

Дизельный двигатель имеет эффективную мощность $N_e = 100$ кВт при частоте вращения $n = 2000$ мин$^{-1}$. Удельный эффективный расход топлива $g_e = 210$ г/(кВт·ч). Определить часовой расход топлива и эффективный КПД двигателя. Теплота сгорания топлива $Q_н = 42500$ кДж/кг.

Экзаменационный билет №3

Вопрос 1 (Модуль 1)

Процесс сжатия в поршневом двигателе. Назначение процесса сжатия. Показатель политропы сжатия и факторы, влияющие на него. Расчёт параметров конца сжатия (давление, температура). Влияние степени сжатия на параметры конца сжатия.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Скоростные характеристики двигателей. Внешняя скоростная характеристика (ВСХ). Зависимость эффективной мощности, крутящего момента, удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала. Коэффициент приспособляемости. Частичные скоростные характеристики.

Задание 3

Бензиновый двигатель имеет эффективную мощность $N_e = 80$ кВт при частоте вращения $n = 5000$ мин$^{-1}$ и крутящий момент $M_к = 150$ Н·м при $n = 3000$ мин$^{-1}$. Определить крутящий момент при частоте вращения 5000 мин$^{-1}$. Рассчитать коэффициент приспособляемости двигателя.

Полный перечень теоретических вопросов к экзамену по каждой теме

Модуль 1. Основы теории рабочих процессов. Газообмен и сжатие

1. Предмет и задачи теории рабочих процессов. Место дисциплины в сквозном проектировании.
2. Рабочее тело в двигателе: свежий заряд, продукты сгорания. Химические реакции при сгорании топлив.
3. Определение стехиометрического количества воздуха, коэффициента избытка воздуха. Состав продуктов сгорания при полном и неполном сгорании.
4. Коэффициент молекулярного изменения. Теплоёмкость свежего заряда и продуктов сгорания. Методы расчёта теплоёмкостей.
5. Теплота сгорания топлив и горючей смеси. Требования к топливам для двигателей с искровым зажиганием (октановое число) и дизелей (цетановое число).
6. Обобщённый (смешанный) цикл, цикл Отто, цикл Дизеля. Термодинамический анализ циклов в p-v и T-s координатах.
7. Вывод формул для расчёта термического КПД и среднего давления цикла. Анализ влияния степени сжатия, степени повышения давления и степени предварительного расширения на термический КПД.
8. Сравнение циклов Отто, Дизеля и Тринклера при одинаковых условиях. Идеальные циклы двигателей с наддувом.
9. Отличие действительных циклов от идеальных. Потери теплоты и работы в действительном цикле.
10. Процессы впуска и выпуска. Фазы газораспределения и их влияние на протекание процессов газообмена.
11. Параметры рабочего тела во впускном коллекторе. Коэффициент остаточных газов. Расчёт параметров конца впуска (давление, температура).
12. Коэффициент наполнения и его зависимость от скоростного режима, нагрузки, сопротивления впускной системы, фаз газораспределения.
13. Влияние динамических явлений во впускном и выпускном трактах на наполнение. Процесс выпуска: параметры конца выпуска, использование энергии отработавших газов.
14. Назначение процесса сжатия. Показатель политропы сжатия и факторы, влияющие на него (частота вращения, нагрузка, тепловое состояние двигателя, размеры цилиндра).
15. Расчёт параметров конца сжатия (давление, температура). Влияние степени сжатия на параметры конца сжатия. Потери теплоты в стенки при сжатии.

Модуль 2. Сгорание, расширение и показатели двигателя

16. Требования к процессу сгорания в двигателях с искровым зажиганием. Нормальное сгорание.
17. Скорость распространения пламени и факторы, влияющие на неё (состав смеси, турбулентность, форма камеры сгорания, угол опережения зажигания).

18. Фазы сгорания (начальная фаза, фаза быстрого сгорания, фаза догорания). Индикаторная диаграмма и её характерные точки.
19. Влияние угла опережения зажигания на рабочий процесс. Аномальные процессы сгорания: детонация и калильное зажигание.
20. Причины возникновения детонации, механизм протекания, последствия. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на детонацию. Октановое число топлива.
21. Особенности процесса сгорания в дизеле. Периоды сгорания (индукционный период, период быстрого сгорания, период диффузионного сгорания, период догорания).
22. Скорость тепловыделения. Факторы, влияющие на период задержки воспламенения (цетановое число, температура и давление в конце сжатия, качество распыливания). Жёсткость работы дизеля.
23. Смесеобразование в дизелях: объёмное, плёночное, объёмно-плёночное. Влияние вихревого движения воздуха. Камеры сгорания неразделённые и разделённые (вихревые, предкамерные).
24. Процесс расширения. Показатель политропы расширения и факторы, влияющие на него. Расчёт параметров конца расширения (давление, температура). Потери теплоты при расширении.
25. Процесс выпуска. Параметры выпускных газов. Энергия выпускных газов и её использование в турбокомпрессоре. Влияние противодавления на выпуске на рабочий процесс.
26. Среднее индикаторное давление действительного цикла. Способы его определения (расчётный, по индикаторной диаграмме). Индикаторная мощность.
27. Индикаторный КПД и удельный индикаторный расход топлива. Механические потери в двигателе: потери на трение, насосные потери, потери на привод вспомогательных агрегатов.
28. Среднее давление механических потерь. Механический КПД. Эффективные показатели: среднее эффективное давление, эффективная мощность, эффективный КПД, удельный эффективный расход топлива.
29. Литровая мощность, поршневая мощность. Тепловой баланс двигателя.
30. Классификация характеристик двигателей. Скоростные характеристики: внешняя и частичные.
31. Зависимость эффективной мощности, крутящего момента, удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала. Коэффициент приспособляемости.
32. Нагрузочные характеристики. Зависимость расхода топлива и других показателей от нагрузки при постоянной частоте вращения.
33. Регулировочные характеристики: по составу смеси, по углу опережения зажигания (впрыска). Многопараметровые характеристики. Экологические характеристики.
34. Влияние степени сжатия, диаметра цилиндра, хода поршня, формы камеры сгорания, фаз газораспределения на показатели двигателя.
35. Влияние нагрузки, частоты вращения, угла опережения зажигания (впрыска), состава смеси, температуры охлаждающей жидкости и масла на мощностные, экономические и экологические показатели.
36. Особенности рабочих процессов при работе на альтернативных топливах (газ, спирты, биодизель). Методы математического моделирования рабочих процессов (однозонные, двухзонные модели).