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

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Направление подготовки/ специальность
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

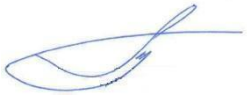
Профиль/ специализация
Поршневые двигатели и турбомашины

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026

Разработчик(и):
к.т.н., доцент  /А.С. Голосов/

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 ... 7
3.3. Содержание дисциплины ... 8
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 9
3.4.1. Семинарские/практические занятия ... 9
3.4.2. Лабораторные занятия ... 10
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 (исправленный раздел) ... 11
4.3. Дополнительная литература ... 11
4.4. Электронные образовательные ресурсы ... 11
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 12
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 12
5. Материально-техническое обеспечение ... 13
6. Методические рекомендации ... 13
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 13
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 14
7. Фонд оценочных средств ... 15
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 15
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения (исправленный раздел) ... 17
7.3 Оценочные средства ... 19

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в области физико-химических свойств альтернативных топлив для поршневых двигателей и турбомашин, методов исследования их эксплуатационных характеристик, а также оценки влияния применения альтернативных топлив на рабочие процессы, мощностные, экономические и экологические показатели энергетических установок на пятом этапе сквозного проектирования «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита».

Задачами дисциплины являются:

- изучение классификации, сырьевой базы, технологий получения и физико-химических свойств альтернативных топлив (биотоплив, синтетических топлив, водорода, диметилового эфира, спиртов, газоконденсатных топлив);
- освоение методов сравнительного анализа эксплуатационных характеристик альтернативных топлив по сравнению с традиционными нефтяными топливами;
- формирование навыков расчёта термохимических характеристик процессов горения альтернативных топлив (теплоты сгорания, стехиометрического соотношения, состава продуктов сгорания);
- изучение влияния физико-химических свойств альтернативных топлив на процессы смесеобразования, воспламенения и сгорания в двигателях различных типов;
- приобретение навыков экспериментального исследования моторных свойств альтернативных топлив на моторных установках и стендах;
- освоение методов оценки экологических показателей при использовании альтернативных топлив, включая анализ токсичности отработавших газов и парниковых выбросов;
- изучение особенностей конструкции и регулировки топливной аппаратуры при работе на альтернативных топливах;
- формирование умения разрабатывать рекомендации по применению альтернативных топлив для конкретных типов двигателей и условий эксплуатации.

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
ПК-2. Способен проводить расчетно-теоретические исследования узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин с применением методов математического и компьютерного моделирования (CAE)	**ИПК-2.6.** Способен верифицировать CFD-модель по результатам термодинамического расчёта
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
УК-5. Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах	**ИУК-5.1.** Анализирует и интерпретирует события, современное состояние общества, проявления его межкультурного разнообразия в социально-историческом, этическом и философском контекстах

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	ИУК-5.2. Осознает систему общечеловеческих ценностей, понимает значение для развития цивилизаций исторического наследия и социокультурных традиций различных социальных групп, этносов и конфессий
	ИУК-5.3. Взаимодействует с людьми с учетом социокультурных особенностей в целях успешного выполнения профессиональных задач и социальной интеграции
УК-9. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	**ИУК-9.1.** Понимает базовые принципы функционирования макроэкономики и экономического развития, цели и виды участия государства в экономике
	ИУК-9.2. Представляет основные закономерности функционирования микроэкономики и факторы, обеспечивающие рациональное использование ресурсов и достижение эффективных результатов деятельности
	ИУК-9.3. Применяет методы экономического и финансового планирования для достижения личных финансовых целей, использует адекватные поставленным целям финансовые инструменты управления личным бюджетом, оптимизирует собственные финансовые риски

Роль дисциплины в формировании компетенций:

Обеспечивающая (ПК-2), обзорная (УК-1, УК-5, УК-9). Дисциплина формирует знания о свойствах альтернативных топлив, необходимые для верификации CFD-моделей (ИПК-2.6), и расширяет кругозор в области альтернативной энергетики. Студенты анализируют экологические и экономические предпосылки развития альтернативных установок, сравнивают их с традиционными по критериям энергоэффективности, экологической безопасности и экономической целесообразности. В ходе анализа формируются навыки выделения базовых составляющих различных типов альтернативных установок (ИУК-1.1); осуществления поиска и критической оценки информации о технологиях производства альтернативных топлив, конструктивных особенностях и режимах работы (ИУК-1.2); рассмотрения и предложения рациональных вариантов выбора типа альтернативной установки для различных областей применения (ИУК-1.3). Изучение мирового опыта развития альтернативной энергетики способствует пониманию социально-исторического контекста и общечеловеческих ценностей (ИУК-5.1, ИУК-5.2, ИУК-5.3). При оценке экономической эффективности альтернативных установок и расчёте срока окупаемости осваиваются базовые принципы микроэкономики и методы экономического планирования (ИУК-9.1, ИУК-9.2, ИУК-9.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Альтернативные топлива для двигателей и методы исследования их эксплуатационных характеристик»** относится к **элективным дисциплинам блока Б.1** учебного плана (код дисциплины: Б1.ЭД.2) и изучается в **6-м семестре**.

Данная дисциплина обеспечивает **пятый этап сквозного проекта «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита»**, формируя у обучающихся понимание перспектив использования альтернативных топлив, методов их исследования и оценки влияния на характеристики двигателей, что необходимо для разработки конкурентоспособных и экологически безопасных энергетических установок будущего.

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

- **Химия** (школьный курс, а также дисциплина «Органическая химия» (Б1.1.10, 1 семестр): знание органической химии, строения углеводородов и химических реакций необходимо для понимания состава и свойств альтернативных топлив.
- **Физика** (школьный курс, а также дисциплина «Физика» (Б1.1.26.3, 2-3 семестры): понимание физических свойств жидкостей и газов (вязкость, плотность, испаряемость) необходимо для анализа процессов смесеобразования.
- **Термодинамика** (Б1.1.17, 3 семестр): знание термодинамических процессов необходимо для расчёта энергетических характеристик топлив.
- **Топлива и смазочные материалы энергетических установок** (Б1.1.18, 3-4 семестры): знание свойств традиционных топлив является основой для сравнения с альтернативными.
- **Теория рабочих процессов поршневых двигателей** (Б1.1.20, 4 семестр): понимание процессов смесеобразования и сгорания необходимо для анализа влияния свойств топлив на рабочий процесс.
- **Экология и токсичность поршневых двигателей** (Б1.2.17, 7 семестр), изучаемая позднее, позволяет оценить экологические преимущества альтернативных топлив.

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

- **Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы** (Б3.1, 8 семестр): тематика ВКР может быть связана с исследованием влияния альтернативных топлив на характеристики двигателя.
- **Системы газобаллонного оборудования двигателей** (Б1.2.24, 8 семестр) – газовые топлива являются одним из видов альтернативных топлив.
- **Комбинированные энергетические установки** (Б1.2.20, 8 семестр) – альтернативные топлива могут использоваться в комбинированных установках.

Экология и токсичность поршневых двигателей (Б1.2.17, 7 семестр) – экологические аспекты применения альтернативных топлив.

3. Структура и содержание дисциплины

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

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			6
1	Аудиторные занятия	36	36
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	–	–
2	Самостоятельная работа	36	36
3	Промежуточная аттестация		

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет	Зачет
	Итого	**72**	**72**

3.2. Тематический план изучения дисциплины

Название раздела / темы	№ п/п	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Самостоятельная работа
Альтернативные топлива для ДВС	**Семестр 6**					
Тема 1. Введение. Классификация альтернативных топлив	1	8	2	2	–	6
Тема 2. Газообразные топлива: КПГ, СПГ, СНГ	2	10	4	2	4	6
Тема 3. Спиртовые топлива: метанол, этанол, бутанол	3	10	6	2	4	4
Тема 4. Биодизель и растительные масла	4	10	6	4	2	4
Тема 5. Диметиловый эфир (ДМЭ)	5	8	4	2	2	4
Тема 6. Водород как моторное топливо	6	10	6	2	2	4
Тема 7. Синтетические топлива (GTL, BTL, CTL)	7	8	4	2	2	4
Тема 8. Методы исследования эксплуатационных характеристик альтернативных топлив	8	8	4	2	2	4
Итого за 1 семестр		**72**	**36**	**18**	**18**	**36**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 6. Альтернативные топлива для ДВС

Тема 1. Введение. Классификация альтернативных топлив

Причины поиска альтернативных топлив: истощение нефтяных ресурсов, экологические проблемы, энергетическая безопасность. Классификация альтернативных топлив: по агрегатному состоянию (газообразные, жидкие), по происхождению (нефтяные, синтетические, биогенные), по применению (для двигателей с искровым зажиганием, для дизелей). Краткая характеристика основных видов альтернативных топлив. Обзор мировых тенденций и государственных программ поддержки альтернативной энергетики. Место дисциплины в сквозном проектировании.

Тема 2. Газообразные топлива: КПГ, СПГ, СНГ

Сжатый природный газ (КПГ, метан): состав, физико-химические свойства (плотность, теплота сгорания, октановое число, детонационная стойкость, температура самовоспламенения). Особенности рабочего процесса двигателя на метане. Сжиженный природный газ (СПГ): получение, хранение, свойства. Сжиженный нефтяной газ (СНГ, пропан-бутановые смеси): состав, свойства, марки. Сравнение газовых топлив с бензином. Особенности конструкции газобаллонного оборудования (ГБО) разных поколений. Газодизельный процесс. Экологические показатели при работе на газе. Расчёт параметров рабочего процесса двигателя на газовом топливе.

Тема 3. Спиртовые топлива: метанол, этанол, бутанол

Общая характеристика спиртов как моторных топлив. Физико-химические свойства метанола, этанола, бутанола (плотность, теплота сгорания, теплота парообразования, октановое число, стехиометрическое соотношение, температура кипения). Преимущества (высокое октановое число, меньшая токсичность) и недостатки (низшая теплота сгорания, гигроскопичность, коррозионная активность, плохие пусковые свойства). Получение спиртов (гидратация этилена, микробиологический синтез). Особенности рабочего процесса двигателя на спиртах. Топливные смеси с бензином (E10, E15, E85, M85, M100). Влияние добавок спиртов на свойства бензина (фракционный состав, детонационная стойкость, фазовая стабильность). Конструктивные изменения для работы на спиртах. Экологические аспекты.

Тема 4. Биодизель и растительные масла

Растительные масла (рапсовое, подсолнечное, соевое, пальмовое) как топливо для дизелей. Физико-химические свойства (плотность, вязкость, цетановое число, теплота сгорания, йодное число). Проблемы применения чистых растительных масел (высокая вязкость, коксование форсунок, отложения в камере сгорания, полимеризация). Биодизель (метиловые и этиловые эфиры жирных кислот). Технология переэтерификации растительных масел. Физико-химические свойства биодизеля и их соответствие стандартам (EN 14214, ГОСТ Р 53605-2009). Сравнение с нефтяным дизельным топливом. Особенности рабочего процесса дизеля на биодизеле. Смеси биодизеля с минеральным дизельным топливом (B5, B20, B100). Влияние на мощностные, экономические и экологические показатели.

Тема 5. Диметиловый эфир (ДМЭ)

Диметиловый эфир как перспективное топливо для дизелей. Физико-химические свойства (плотность, вязкость, цетановое число, теплота сгорания, давление насыщенных паров). Преимущества ДМЭ (высокое цетановое число, бездымное сгорание, низкая токсичность). Недостатки (низкая вязкость, низкая смазывающая способность, высокая упругость паров). Получение ДМЭ (дегидратация метанола, прямое получение из синтез-газа). Особенности организации рабочего процесса дизеля на ДМЭ. Требования к топливной аппаратуре. Экологические характеристики. Применение ДМЭ в качестве добавки к дизельному топливу.

Тема 6. Водород как моторное топливо

Физико-химические свойства водорода (плотность, теплота сгорания, скорость распространения пламени, широкая область воспламенения, низкая энергия зажигания, высокий коэффициент диффузии). Получение водорода (электролиз воды, конверсия углеводородов, газификация биомассы). Проблемы хранения водорода на борту транспортного средства (сжатый газ, криогенная жидкость, металлогидриды, химические носители). Особенности рабочего процесса

двигателя с искровым зажиганием на водороде (раннее воспламенение, обратные вспышки, образование NOx). Способы подачи водорода (впускной коллектор, непосредственный впрыск). Водород в качестве добавки к основному топливу. Топливные элементы.

Тема 7. Синтетические топлива (GTL, BTL, CTL)

Технологии получения синтетических жидких топлив из природного газа (GTL), биомассы (BTL), угля (CTL). Процесс Фишера-Тропша. Получаемые продукты: синтетический бензин, синтетическое дизельное топливо, диметиловый эфир. Физико-химические свойства синтетических топлив (высокое цетановое число, отсутствие серы и ароматических углеводородов, низкая токсичность). Преимущества и недостатки. Особенности рабочего процесса двигателей на синтетических топливах. Экологические характеристики. Перспективы развития технологий.

Тема 8. Методы исследования эксплуатационных характеристик альтернативных топлив

Моторные методы определения октанового и цетанового числа для альтернативных топлив. Определение фракционного состава, давления насыщенных паров. Оценка коррозионной активности и совместимости с материалами. Методы определения низкотемпературных свойств (предельная температура фильтруемости, температура помутнения, температура застывания). Испытания на моторных стендах: снятие скоростных, нагрузочных, регулировочных характеристик при работе на альтернативных топливах. Оценка токсичности отработавших газов. Определение экономической эффективности применения альтернативных топлив.

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 2	Расчёт параметров рабочего процесса двигателя при работе на КПГ и сравнение с бензином	2
2	Тема 2	Анализ эффективности применения газодизельного процесса	2
3	Тема 3	Расчёт изменения стехиометрического соотношения и теплоты сгорания при добавлении этанола в бензин	2
4	Тема 3	Оценка влияния спиртов на фракционный состав и детонационную стойкость бензина	2
5	Тема 4	Расчёт цетанового числа смеси дизельного топлива с биодизелем	2
6	Тема 4	Анализ влияния вязкости биодизеля на процессы топливоподачи и смесеобразования	2
7	Тема 5	Расчёт теплоты сгорания и стехиометрического соотношения для ДМЭ	2
8	Тема 6	Определение энергетической эффективности применения водорода в ДВС	2
9	Тема 7	Сравнительный анализ свойств синтетических и нефтяных топлив	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
	Итого		**18**

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Результаты освоения дисциплины используются при выборе типа топлива для проектируемого двигателя, при моделировании рабочих процессов с учётом свойств альтернативных топлив и при оценке экологических показателей в рамках сквозного проекта.

4.Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

При изучении дисциплины «Альтернативные топлива для двигателей и методы исследования их эксплуатационных характеристик» и выполнении учебных, расчётно-графических и проектных работ необходимо руководствоваться следующими нормативными документами и межгосударственными стандартами, регламентирующими требования к топливам, методы их испытаний и правила оформления технической документации.

Стандарты на методы определения октанового и цетанового числа

ГОСТ 8226-2015 «Топливо моторное. Метод определения октанового числа исследовательским методом» устанавливает метод определения детонационной стойкости бензинов и их смесей с альтернативными компонентами (спиртами, эфирами) на одноцилиндровой установке.

ГОСТ 3122-2019 «Дизельное топливо. Определение цетанового числа» устанавливает метод определения воспламеняемости дизельных топлив, включая биодизель и их смеси, на одноцилиндровом двигателе.

Стандарты на альтернативные топлива

ГОСТ Р 53605-2009 «Биодизель. Технические условия» устанавливает требования к метиловым эфирам жирных кислот, используемым в качестве топлива для дизельных двигателей, включая показатели качества и методы их определения.

ГОСТ Р 55878-2013 «Спирт этиловый гидролизный технический. Технические условия» (применяется для этанола как компонента моторных топлив).

ГОСТ 27577-2000 «Газ сжиженный нефтяной для автомобильного транспорта. Технические условия» устанавливает требования к пропан-бутановым смесям (СНГ) для двигателей с искровым зажиганием.

ГОСТ Р 57582-2017 «Газ природный компримированный для газобаллонных автомобилей. Технические условия» устанавливает требования к метану (КПГ) как моторному топливу.

Стандарты на методы физико-химического анализа топлив

ГОСТ 2177-99 (ИСО 3405-88) «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава» применяется для оценки испаряемости топлив, включая смеси с альтернативными компонентами.

ГОСТ 1756-2000 «Нефтепродукты. Методы определения давления насыщенных паров» используется для оценки пусковых свойств топлив и их склонности к образованию паровых пробок.

ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» и ГОСТ 22254-92 «Дизельное топливо. Метод определения предельной температуры фильтруемости» применяются для оценки низкотемпературных свойств альтернативных топлив.

ГОСТ 1057-88 «Нефтепродукты. Метод определения вязкости кинематической и динамической» используется для оценки влияния вязкости биодизеля и других альтернативных топлив на процессы топливоподачи и смесеобразования.

Экологические стандарты

ГОСТ Р 41.49-99 (Правила ЕЭК ООН № 49) устанавливает единообразные предписания в отношении выбросов загрязняющих веществ для двигателей, работающих на альтернативных топливах (природном газе, сжиженном нефтяном газе).

ГОСТ Р 41.83-2004 (Правила ЕЭК ООН № 83) устанавливает требования к сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от типа применяемого топлива.

ГОСТ Р 56163-2019 «Выбросы парниковых газов. Методы расчёта удельных выбросов при сжигании топлива» применяется для оценки экологической эффективности применения альтернативных топлив.

4.2 Основная литература (исправленный раздел)

Для освоения дисциплины рекомендуется использовать следующую основную литературу, которая охватывает вопросы классификации, физико-химических свойств, технологий получения альтернативных топлив, методов их исследования и влияния на рабочие процессы двигателей.

1. Марков, В. А. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / В. А. Марков, С. Н. Девянин. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — 368 с. — ISBN 978-5-7038-5314-8. Данное учебное пособие системно охватывает все основные виды альтернативных топлив (газообразные, спиртовые, биодизель, диметиловый эфир, водород, синтетические топлива), их физико-химические свойства, методы исследования эксплуатационных характеристик и особенности организации рабочего процесса двигателей. Рекомендуется для изучения всех тем дисциплины.

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. Учебник содержит сведения о рабочих процессах двигателей, включая особенности их протекания при использовании альтернативных топлив, и используется при изучении тем 2-7.

3. Кязимов, К. Г. Газоснабжение: устройство и эксплуатация газового хозяйства : учебник для среднего профессионального образования / К. Г. Кязимов, В. Е. Гусев. — 6-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 392 с. — ISBN 978-5-534-12470-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/517028. Учебник содержит сведения о свойствах и хранении газообразных топлив (КПГ, СПГ, СНГ), что используется при изучении темы 2.

4. Земсков, В. И. Проектирование технических систем производства биогаза в животноводстве : учебник / В. И. Земсков, И. Ю. Александров. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 312 с. — ISBN 978-5-8114-2502-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/92948. Учебник содержит сведения о получении биогаза и его использовании в качестве топлива, что используется при изучении тем 4 и 7.

4.3. Дополнительная литература

1. Общая энергетика: водород в энергетике / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа ; под научной редакцией С. Е. Щеклеина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 230 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07557-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/492147
2. Богданов, С. И. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии / С. И. Богданов, В. Г. Рябцев. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 248 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15016-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/520379

4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Альтернативные и возобновляемые топлива для энергетических машин

https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=6848

4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

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

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

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

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

4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

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

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

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

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

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

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

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

5. Материально-техническое обеспечение

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

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

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Эффективность освоения дисциплины определяется качеством организации учебного процесса, выбором адекватных форм и методов обучения. Преподавателю необходимо учитывать специфику дисциплины, уровень подготовленности обучающихся и современные образовательные технологии.

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

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

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

В ходе лекционного занятия преподаватель должен:

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

При проведении практических (семинарских) занятий рекомендуется:

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

При проведении лабораторных занятий (при наличии) рекомендуется:

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

При организации самостоятельной работы студентов следует:

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

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации рекомендуется:

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

В целях повышения эффективности образовательного процесса рекомендуется использовать:

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

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. Эффективное освоение предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объёме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

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

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

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

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

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется:

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

При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации рекомендуется:

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

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

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации в форме зачета.

Дисциплина «Альтернативные топлива для двигателей и методы исследования их эксплуатационных характеристик» является обеспечивающей для компетенции ПК-2 и обзорной для универсальных компетенций УК-1, УК-5, УК-9, формируя теоретические знания и практические навыки в области физико-химических свойств альтернативных топлив для поршневых двигателей и турбомашин, методов исследования их эксплуатационных характеристик, а также оценки влияния применения альтернативных топлив на рабочие процессы, мощностные, экономические и экологические показатели энергетических установок на пятом этапе сквозного проектирования «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита».

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов.

По компетенции ПК-2 (способен проводить расчетно-теоретические исследования узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин с применением методов математического и компьютерного моделирования) проверяется индикатор ИПК-2.6: способен верифицировать CFD-модель по результатам термодинамического расчёта.

По компетенции УК-1 (способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач) проверяются индикаторы: 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) и ИУК-1.3 (рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки).

По компетенции УК-5 (способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах) проверяются индикаторы: ИУК-5.1 (анализирует и интерпретирует события, современное состояние общества, проявления его межкультурного разнообразия в социально-историческом, этическом и философском контекстах), ИУК-5.2 (осознает систему общечеловеческих ценностей, понимает значение для развития цивилизаций исторического наследия и социокультурных традиций различных социальных групп, этносов и конфессий) и ИУК-5.3 (взаимодействует с людьми с учетом социокультурных особенностей в целях успешного выполнения профессиональных задач и социальной интеграции).

По компетенции УК-9 (способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности) проверяются индикаторы: ИУК-9.1 (понимает базовые принципы функционирования макроэкономики и экономического развития, цели и виды участия государства в экономике), ИУК-9.2 (представляет основные закономерности функционирования микроэкономики и факторы, обеспечивающие рациональное использование ресурсов и достижение эффективных результатов деятельности) и ИУК-9.3 (применяет методы экономического и финансового планирования для достижения личных финансовых целей, использует адекватные поставленным целям финансовые инструменты управления личным бюджетом, оптимизирует собственные финансовые риски).

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование проводится после завершения изучения каждого из двух модулей. Тест состоит из 20 заданий различного типа, охватывающих классификацию альтернативных топлив, их физико-химические свойства, технологии получения, методы исследования эксплуатационных характеристик, а также экологические и экономические аспекты применения. Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест составляет 20. Оценка «зачтено» выставляется при выполнении верно более 75 процентов заданий (набрано более 15 баллов). Данный метод контроля позволяет оценить сформированность индикаторов ИПК-2.6, ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-5.1, ИУК-5.2, ИУК-5.3, ИУК-9.1, ИУК-9.2, ИУК-9.3.

Устный опрос (собеседование) проводится в ходе практических занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать свойства альтернативных топлив, анализировать их влияние на рабочие процессы двигателей, обосновывать выбор методов исследования и оценивать экологические и экономические последствия применения альтернативных топлив. При оценивании учитывается не только содержание ответа, но и качество устной речи, аргументированность суждений, умение вести профессиональную дискуссию и использовать профессиональную терминологию. Данный метод позволяет оценить сформированность индикаторов ИПК-2.6, ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3, ИУК-5.1, ИУК-5.2, ИУК-5.3, ИУК-9.1, ИУК-9.2, ИУК-9.3.

Практические занятия включают выполнение заданий по расчёту параметров рабочего процесса двигателя при работе на газовом топливе, анализу эффективности газодизельного процесса, расчёту изменения стехиометрического соотношения и теплоты сгорания при добавлении этанола, оценке влияния спиртов на свойства бензина, расчёту цетанового числа смеси дизельного топлива с биодизелем, анализу влияния вязкости биодизеля на процессы топливоподачи, расчёту теплоты сгорания диметилового эфира, определению энергетической эффективности применения водорода, сравнительному анализу свойств синтетических и нефтяных топлив. При выполнении практических заданий оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач, умение проводить расчёты и анализировать

полученные результаты, а также соблюдение установленных сроков выполнения заданий. Данный метод позволяет оценить сформированность индикаторов ИПК-2.6, ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3, ИУК-9.1, ИУК-9.2, ИУК-9.3.

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены учебным планом.

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта выполняется каждым студентом самостоятельно. Задание включает анализ свойств одного из типов альтернативных топлив, расчёт термохимических характеристик, обоснование выбора топлива для проектируемого двигателя, оценку влияния на рабочий процесс, а также оценку экологических и экономических показателей. Результаты оформляются в виде пояснительной записки объемом 10-15 страниц и представляются на защите в устной форме с использованием презентации. При оценке учитываются полнота и системность анализа, правильность выполнения расчётов, обоснованность выводов, качество оформления письменного отчета, навыки устной презентации результатов и способность отвечать на вопросы. Данный метод позволяет оценить сформированность всех индикаторов компетенций ПК-2, УК-1, УК-5, УК-9.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета по завершении изучения дисциплины. Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины, с обязательным выполнением практического задания (например, расчёт термохимических характеристик альтернативного топлива, анализ его свойств, обоснование выбора топлива для заданных условий эксплуатации, расчёт экономической эффективности применения). Зачет позволяет комплексно оценить целостность сформированных знаний и умений, а также способность студента применять их для решения профессиональных задач, связанных с выбором топлива для проектируемого двигателя в рамках пятого этапа сквозного проекта «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита». На зачете проверяются все индикаторы компетенций ПК-2, УК-1, УК-5, УК-9.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения (исправленный раздел)

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в форме «зачтено» или «не зачтено» для мероприятий текущего контроля и в форме дифференцированной оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») для промежуточной аттестации (зачета) в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации Московского политехнического университета.

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). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест составляет 20.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75 процентов заданий теста, то есть набрано более 15 баллов. Студент, получивший «зачтено», демонстрирует достаточное знание классификации альтернативных топлив, их физико-химических свойств, технологий получения, методов исследования эксплуатационных характеристик, а также экологических и экономических аспектов применения. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов компетенций ПК-2, УК-1, УК-5, УК-9 в части знаний об альтернативных топливах.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно менее 75 процентов заданий теста, то есть набрано 15 баллов и менее. Студент, получивший «не зачтено», не владеет основным материалом модуля, допускает грубые ошибки в определении свойств альтернативных топлив, не знает технологий их получения и методов исследования. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

Критерии оценки устного опроса (собеседования)

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который продемонстрировал достаточный уровень знаний материала. Студент свободно ориентируется в свойствах альтернативных топлив, понимает их влияние на рабочие процессы двигателей, способен аргументированно обосновы-

вать выбор топлива для конкретных условий эксплуатации. Студент способен логично и аргументированно излагать свои мысли, отвечать на уточняющие вопросы, использует профессиональную терминологию. Допускаются отдельные неточности, не искажающие сути ответа.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении, не может назвать основные виды альтернативных топлив и их свойства, не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией, а также не может связно и понятно выразить свои мысли в устной форме.

Критерии оценки практических занятий

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил практическое задание правильно и в установленные сроки. Студент продемонстрировал понимание методики расчёта, способность применять теоретические знания для расчёта термохимических характеристик альтернативных топлив, анализа их свойств и влияния на рабочие процессы. При защите выполненного задания студент аргументирует полученные результаты, отвечает на уточняющие вопросы, демонстрирует владение профессиональной терминологией. Оформление результатов выполнено аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.

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 расчёта, не может объяснить полученные результаты, не отвечает на вопросы по существу задания, не владеет профессиональной терминологией. Оформление результатов отсутствует или выполнено с грубыми нарушениями. Студент обязан выполнить практическое задание повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание в полном объёме и в установленные сроки. Студент демонстрирует понимание свойств выбранного альтернативного топлива, правильно выполняет расчёты термохимических характеристик, обосновывает выбор топлива для проектируемого двигателя, оценивает влияние на рабочий процесс, экологические и экономические показатели. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, содержит полную и систематизированную информацию, включая таблицы и графические материалы. При защите задания студент логично и аргументированно излагает результаты, отвечает на вопросы, демонстрирует понимание экологических и экономических аспектов применения альтернативных топлив, а также использует средства информационно-коммуникационных технологий для презентации результатов.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил индивидуальное задание, выполнил его не в полном объёме (отсутствуют расчёты, обоснование выбора топлива или оценка показателей) или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания свойств альтернативных топлив, не может обосновать выбор топлива. При защите студент не отвечает на вопросы, не владеет профессиональной терминологией, не использует средства информационно-коммуникационных технологий для презентации результатов. Студент обязан выполнить индивидуальное задание повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки ответа на зачете

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко усвоил материал дисциплины, исчерпывающе отвечает на теоретические вопросы, свободно ориентируется в свойствах всех видов альтернативных топлив, уверенно выполняет практическое задание (расчёт термохимических характеристик, анализ свойств, выбор топлива), демонстрирует способность применять полученные знания для решения профессиональных задач. Сформированность индикаторов компетенций ПК-2, УК-1, УК-5, УК-9 оценивается на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твёрдо знает материал дисциплины, отвечает на теоретические вопросы с незначительными неточностями, выполняет практическое задание с небольшими ошибками, которые исправляет самостоятельно или с помощью наводящих вопросов. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который знает основной материал дисциплины, но допускает существенные ошибки в ответах на теоретические вопросы, испытывает затруднения при выполнении практического задания, справляется с ним только с помощью наводящих вопросов преподавателя. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала дисциплины, допускает грубые ошибки в ответах на теоретические вопросы, не может выполнить практическое задание даже с помощью наводящих вопросов, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня. Студент направляется на повторное изучение дисциплины.

Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность знаний и навыков, необходимых для освоения индикаторов компетенций ПК-2, УК-1, УК-5 и УК-9. Дисциплина является обеспечивающей для ПК-2 и обзорной для УК-1, УК-5, УК-9.

ИПК-2.6 (способен верифицировать CFD-модель по результатам термодинамического расчёта) формируется через изучение физико-химических свойств альтернативных топлив (теплоты сгорания, стехиометрического соотношения, состава продуктов сгорания), необходимых для верификации CFD-моделей. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, индивидуальное задание, зачет.

ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3 формируются через анализ задач по выбору топлива, поиск и систематизацию информации о свойствах альтернативных топлив, технологиях их получения и методах исследования, а также через предложение рациональных вариантов выбора топлива для конкретных условий эксплуатации. Проверяются всеми методами контроля.

ИУК-5.1, ИУК-5.2, ИУК-5.3 формируются через анализ мирового опыта использования альтернативных топлив в различных странах, понимание экологических ценностей и исторического наследия в области энергетики, а также через учёт социокультурных особенностей при взаимодействии в профессиональной среде. Проверяются всеми методами контроля.

ИУК-9.1, ИУК-9.2, ИУК-9.3 формируются через изучение экономических аспектов применения альтернативных топлив, расчёт экономической эффективности (срока окупаемости, экономии топлива), понимание влияния государственной политики на развитие рынка альтернативных топлив. Проверяются всеми методами контроля.

Оценка сформированности знаний и навыков осуществляется комплексно с использованием всех методов контроля. Результаты текущего и рубежного тестирования, устных опросов, выполнения практических заданий, защиты индивидуального задания в рамках сквозного проекта, а также зачета учитываются при формировании итоговой оценки по дисциплине и оценке выполнения пятого этапа сквозного проекта «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита». Дисциплина формирует знания о свойствах альтернативных топлив для верификации CFD-моделей и общий кругозор в области экологии, экономики и энергетической безопасности, обеспечивая студента знаниями и навыками, необходимыми для обоснованного выбора топлива при проектировании современных энергетических установок.

7.3 Оценочные средства

Текущий контроль

Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается в 6-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определенные темы.

Модуль 1 (недели 1–8) — Классификация и свойства альтернативных топлив. Газообразные и жидкие альтернативные топлива

Включает темы: Тема 1. Введение. Классификация альтернативных топлив; Тема 2. Газообразные топлива: КПГ, СПГ, СНГ; Тема 3. Спиртовые топлива: метанол, этанол, бутанол; Тема 4. Биодизель и растительные масла; Тема 5. Диметиловый эфир (ДМЭ).

Модуль 2 (недели 9–16) — Водород. Синтетические топлива. Методы исследования эксплуатационных характеристик

Включает темы: Тема 6. Водород как моторное топливо; Тема 7. Синтетические топлива (GTL, BTL, CTL); Тема 8. Методы исследования эксплуатационных характеристик альтернативных топлив.

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Классификация и свойства альтернативных топлив. Газообразные и жидкие альтернативные топлива

Перечень вопросов для собеседования:

1. Причины поиска альтернативных топлив: истощение нефтяных ресурсов, экологические проблемы, энергетическая безопасность.
2. Классификация альтернативных топлив: по агрегатному состоянию (газообразные, жидкие), по происхождению (нефтяные, синтетические, биогенные), по применению (для двигателей с искровым зажиганием, для дизелей).
3. Сжатый природный газ (КПГ, метан): состав, физико-химические свойства (плотность, теплота сгорания, октановое число, детонационная стойкость, температура самовоспламенения). Особенности рабочего процесса двигателя на метане.
4. Сжиженный природный газ (СПГ): получение, хранение, свойства. Сжиженный нефтяный газ (СНГ, пропан-бутановые смеси): состав, свойства, марки.
5. Сравнение газовых топлив с бензином. Особенности конструкции газобаллонного оборудования (ГБО) разных поколений. Газодизельный процесс.
6. Экологические показатели при работе на газе. Расчёт параметров рабочего процесса двигателя на газовом топливе.
7. Спиртовые топлива: общая характеристика метанола, этанола, бутанола. Физико-химические свойства (плотность, теплота сгорания, теплота парообразования, октановое число, стехиометрическое соотношение, температура кипения).
8. Преимущества спиртов (высокое октановое число, меньшая токсичность) и недостатки (низшая теплота сгорания, гигроскопичность, коррозионная активность, плохие пусковые свойства).
9. Получение спиртов (гидратация этилена, микробиологический синтез). Особенности рабочего процесса двигателя на спиртах.
10. Топливные смеси с бензином (E10, E15, E85, M85, M100). Влияние добавок спиртов на свойства бензина (фракционный состав, детонационная стойкость, фазовая стабильность).
11. Растительные масла (рапсовое, подсолнечное, соевое, пальмовое) как топливо для дизелей. Физико-химические свойства (плотность, вязкость, цетановое число, теплота сгорания, йодное число). Проблемы применения чистых растительных масел.
12. Биодизель (метиловые и этиловые эфиры жирных кислот). Технология переэтерификации растительных масел. Физико-химические свойства биодизеля, соответствие стандартам (EN 14214, ГОСТ Р 53605-2009).
13. Сравнение биодизеля с нефтяным дизельным топливом. Особенности рабочего процесса дизеля на биодизеле. Смеси биодизеля с минеральным дизельным топливом (B5, B20, B100).
14. Диметиловый эфир (ДМЭ) как перспективное топливо для дизелей. Физико-химические свойства (плотность, вязкость, цетановое число, теплота сгорания, давление насыщенных паров). Преимущества ДМЭ (высокое цетановое число, бездымное сгорание, низкая токсичность) и недостатки.
15. Получение ДМЭ (дегидратация метанола, прямое получение из синтез-газа). Особенности организации рабочего процесса дизеля на ДМЭ. Требования к топливной аппаратуре.

Модуль 2. Водород. Синтетические топлива. Методы исследования эксплуатационных характеристик

Перечень вопросов для собеседования:

1. Водород: физико-химические свойства (плотность, теплота сгорания, скорость распространения пламени, широкая область воспламенения, низкая энергия зажигания, высокий коэффициент диффузии).

2. Получение водорода (электролиз воды, конверсия углеводородов, газификация биомассы). Проблемы хранения водорода на борту транспортного средства (сжатый газ, криогенная жидкость, металлогидриды, химические носители).
3. Особенности рабочего процесса двигателя с искровым зажиганием на водороде (раннее воспламенение, обратные вспышки, образование NOx). Способы подачи водорода (впускной коллектор, непосредственный впрыск).
4. Водород в качестве добавки к основному топливу. Топливные элементы.
5. Технологии получения синтетических жидких топлив из природного газа (GTL), биомассы (BTL), угля (CTL). Процесс Фишера-Тропша.
6. Получаемые продукты: синтетический бензин, синтетическое дизельное топливо, диметиловый эфир. Физико-химические свойства синтетических топлив (высокое цетановое число, отсутствие серы и ароматических углеводородов, низкая токсичность).
7. Преимущества и недостатки синтетических топлив. Особенности рабочего процесса двигателей на синтетических топливах.
8. Моторные методы определения октанового и цетанового числа для альтернативных топлив. Определение фракционного состава, давления насыщенных паров.
9. Оценка коррозионной активности и совместимости с материалами. Методы определения низкотемпературных свойств (предельная температура фильтруемости, температура помутнения, температура застывания).
10. Испытания на моторных стендах: снятие скоростных, нагрузочных, регулировочных характеристик при работе на альтернативных топливах.
11. Оценка токсичности отработавших газов при работе на альтернативных топливах. Определение экономической эффективности применения альтернативных топлив.

Рубежный контроль по модулям (тестирование)

Тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа. 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 детонационную стойкость бензина?**
2. A) Цетановое число
3. B) Октановое число
4. C) Температура вспышки
5. D) Вязкость

Правильный ответ: B

0. **Какое альтернативное топливо имеет наиболее высокое цетановое число?**
1. A) Биодизель
2. B) Диметиловый эфир (ДМЭ)
3. C) Этанол
4. D) Метан

Правильный ответ: B

0. **Какой процесс используется для получения биодизеля из растительных масел?**
1. A) Крекинг
2. B) Переэтерификация
3. C) Риформинг
4. D) Гидрогенизация

Правильный ответ: B

0. **Какое альтернативное топливо имеет нулевые выбросы CO_2 при сгорании?**
1. A) Биодизель
2. B) Этанол
3. C) Водород
4. D) Синтетическое дизельное топливо

Правильный ответ: C

0. **Какое из перечисленных топлив относится к синтетическим, получаемым по процессу Фишера-Тропша?**

1. A) Биодизель
2. B) Диметиловый эфир
3. C) GTL-топливо
4. D) Этанол

Правильный ответ: C

Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта позволяет оценить способность студента применять полученные знания для выбора типа топлива для проектируемого двигателя, моделирования рабочих процессов с учётом свойств альтернативных топлив и оценки экологических показателей.

Содержание индивидуального задания:

1. **Анализ свойств альтернативных топлив.** Студент выбирает один из типов альтернативных топлив (газовое, спиртовое, биодизель, ДМЭ, водород, синтетическое). Проводит анализ физико-химических свойств, преимуществ и недостатков, областей применения.
2. **Расчёт термохимических характеристик.** Для выбранного топлива рассчитывает стехиометрическое количество воздуха, состав продуктов сгорания, теплоту сгорания. Сравнивает с традиционным топливом (бензином или дизельным топливом).
3. **Обоснование выбора топлива для проектируемого двигателя.** На основе анализа свойств и расчётов обосновывает выбор топлива для проектируемого двигателя. Учитывает требования к мощности, экономичности, экологичности, особенности конструкции.
4. **Оценка влияния на рабочий процесс.** Анализирует, как свойства выбранного топлива повлияют на рабочий процесс двигателя (смесеобразование, сгорание, детонацию, токсичность). Предлагает конструктивные изменения для адаптации двигателя к работе на данном топливе.
5. **Оценка экологических и экономических показателей.** Оценивает ожидаемое снижение выбросов токсичных компонентов и парниковых газов. Рассчитывает экономическую эффективность применения (экономия топлива, срок окупаемости).

Требования к оформлению:

Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объемом 10-15 страниц.

Оценочные средства для практических занятий

Типовые задания для практических занятий

Задание 1. Расчёт параметров рабочего процесса двигателя при работе на КПГ и сравнение с бензином

Для заданного двигателя рассчитать стехиометрическое количество воздуха, теплоту сгорания смеси, теоретически необходимый расход воздуха при работе на бензине и на метане. Сравнить результаты.

Задание 2. Анализ эффективности применения газодизельного процесса

Описать принцип работы газодизельного двигателя. Оценить преимущества и недостатки. Рассчитать экономию дизельного топлива при замещении 70% природным газом.

Задание 3. Расчёт изменения стехиометрического соотношения и теплоты сгорания при добавлении этанола в бензин

Для смеси E10 (10% этанола, 90% бензина) рассчитать стехиометрическое соотношение и теплоту сгорания по сравнению с чистым бензином.

Задание 4. Оценка влияния спиртов на фракционный состав и детонационную стойкость бензина

Проанализировать, как добавление этанола влияет на давление насыщенных паров, фракционный состав и октановое число бензина. Сделать вывод о влиянии на пусковые свойства и детонационную стойкость.

Задание 5. Расчёт цетанового числа смеси дизельного топлива с биодизелем

Для смеси B20 (20% биодизеля, 80% минерального дизельного топлива) рассчитать цетановое число, если цетановое число дизельного топлива — 50, биодизеля — 55.

Задание 6. Анализ влияния вязкости биодизеля на процессы топливоподачи и смесеобразования

Сравнить вязкость биодизеля и минерального дизельного топлива. Объяснить, как повышенная вязкость влияет на работу топливной аппаратуры и качество смесеобразования.

Задание 7. Расчёт теплоты сгорания и стехиометрического соотношения для ДМЭ

Рассчитать низшую теплоту сгорания диметилового эфира (CH_3-O-CH_3) и стехиометрическое количество воздуха. Сравнить с дизельным топливом (условный состав $C_{12}H_{26}$).

Задание 8. Определение энергетической эффективности применения водорода в ДВС

Рассчитать массу водорода, необходимую для обеспечения энергетической эквивалентности 1 кг бензина. Теплота сгорания бензина 44 МДж/кг, водорода 120 МДж/кг.

Задание 9. Сравнительный анализ свойств синтетических и нефтяных топлив

Сравнить синтетическое дизельное топливо (GTL) и нефтяное дизельное топливо по содержанию серы, цетановому числу, плотности, вязкости. Сделать вывод о преимуществах GTL.

Оценочные средства для курсовой работы (проекта)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Результаты освоения дисциплины используются при выборе типа топлива для проектируемого двигателя, при моделировании рабочих процессов с учётом свойств альтернативных топлив и при оценке экологических показателей в рамках сквозного проекта.

Промежуточная аттестация (зачет)

Условия допуска к зачету

Студент допускается к сдаче зачета 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 (не менее 80% заданий выполнены и защищены).
- Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

Структура билета на зачете

Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины. В процессе собеседования студенту может быть предложено выполнить практическое задание.

Структура собеседования:

- **Теоретический вопрос 1:** из области классификации и свойств альтернативных топлив (газообразные, спиртовые, биодизель, ДМЭ).
- **Теоретический вопрос 2:** из области водорода, синтетических топлив, методов исследования эксплуатационных характеристик.
- **Практическое задание:** расчёт термохимических характеристик, анализ свойств, выбор топлива.

Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Причины поиска альтернативных топлив. Классификация альтернативных топлив.
2. Сжатый природный газ (КПГ): состав, свойства, особенности применения.
3. Сжиженный природный газ (СПГ) и сжиженный нефтяный газ (СНГ): свойства, сравнение.
4. Особенности рабочего процесса двигателя на газовом топливе. Газодизельный процесс.
5. Экологические показатели при работе на газе.
6. Спиртовые топлива: метанол, этанол, бутанол. Физико-химические свойства.
7. Преимущества и недостатки спиртовых топлив. Топливные смеси с бензином.
8. Биодизель: получение, свойства, стандарты. Сравнение с нефтяным дизельным топливом.
9. Растительные масла как топливо для дизелей: проблемы применения.
10. Диметиловый эфир (ДМЭ): свойства, преимущества, особенности применения.
11. Водород как моторное топливо: свойства, получение, хранение.
12. Особенности рабочего процесса двигателя на водороде.
13. Синтетические топлива (GTL, BTL, CTL): технология получения, свойства.
14. Методы исследования эксплуатационных характеристик альтернативных топлив.
15. Моторные методы определения октанового и цетанового числа.
16. Оценка коррозионной активности и совместимости с материалами.
17. Испытания на моторных стендах: снятие характеристик.
18. Оценка токсичности отработавших газов при работе на альтернативных топливах.
19. Экономическая эффективность применения альтернативных топлив.

Примеры практических заданий для зачета

Пример 1. Расчёт параметров рабочего процесса на газовом топливе

Задание: Для двигателя, работающего на метане (CH_4), рассчитать стехиометрическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива. Рассчитать состав продуктов сгорания при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1{,}1$.

Пример 2. Расчёт цетанового числа смеси

Задание: Для смеси, состоящей из 30% биодизеля (цетановое число 55) и 70% минерального дизельного топлива (цетановое число 48), рассчитать цетановое число смеси. Сделать вывод о пригодности смеси для современного дизельного двигателя.

Пример 3. Анализ влияния спиртов на свойства бензина

Задание: Объяснить, как добавление 10% этанола (Е10) влияет на октановое число, давление насыщенных паров, теплоту сгорания бензина. Каковы последствия для пусковых свойств двигателя?

Пример 4. Выбор топлива для заданных условий

Задание: Для городского автобуса, эксплуатируемого в мегаполисе с высокими экологическими требованиями, выбрать оптимальное альтернативное топливо. Обосновать выбор с учётом экологических, экономических и эксплуатационных факторов.