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 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

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 4
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) 8
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 8
4.2. Основная литература 9
4.3. Дополнительная литература 9
4.4. Электронные образовательные ресурсы 9
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5. Материально-техническое обеспечение 10
6. Методические рекомендации 11
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 11
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 12
7. Фонд оценочных средств 12
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 13
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 14
7.3. Оценочные средства 15

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в области анализа, расчёта и перспектив применения альтернативных энергетических установок, включая установки на базе возобновляемых источников энергии, водородные технологии, топливные элементы, гибридные системы и другие инновационные решения, а также методов оценки их эффективности, экологической безопасности и областей применения на пятом этапе сквозного проектирования «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита».

Задачами дисциплины являются:

- изучение классификации, принципиальных схем и областей применения альтернативных энергетических установок различного назначения;
- освоение методов термодинамического и энергетического анализа альтернативных энергоустановок, включая установки на базе топливных элементов, солнечной энергии, ветроэнергетики и биоэнергетики;
- формирование навыков расчёта энергетической эффективности, экологических показателей и экономической целесообразности применения альтернативных установок;
- изучение принципов работы и конструкции электрохимических генераторов (топливных элементов) различных типов, их характеристик и областей применения;
- приобретение навыков выбора и согласования параметров элементов гибридных энергетических систем с различными типами накопителей энергии;
- освоение методов оценки интеграции альтернативных энергоустановок в существующие энергетические системы и транспортные средства;
- изучение современных тенденций развития водородной энергетики, технологий производства, хранения и транспортировки водорода;
- формирование умения разрабатывать технические предложения по созданию альтернативных энергоустановок для конкретных 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:

Обзорная. Дисциплина расширяет кругозор в области альтернативной энергетики, знакомя студентов с различными типами альтернативных энергетических установок: газомоторными, биотопливными, водородными двигателями внутреннего сгорания, гибридными силовыми установками, установками на топливных элементах, электрическими силовыми установками. 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 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). Формирование знаний о свойствах альтернативных топлив и режимах работы установок необходимо для верификации CFD-моделей (ИПК-2.6).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Альтернативные энергетические установки»** 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»**, расширяя кругозор обучающихся в области перспективных направлений развития энергетики и формируя компетенции, необходимые для разработки и интеграции альтернативных источников энергии в современные энергетические системы и транспортные средства.

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

- **Термодинамика** (Б1.1.17, 3 семестр): знание термодинамических циклов и методов анализа их эффективности является основой для изучения альтернативных энергоустановок.
- **Физика** (школьный курс, а также дисциплина «Физика» (Б1.1.26.3, 2-3 семестры): знание основ электродинамики, химической физики и квантовой физики необходимо для понимания принципов работы топливных элементов, солнечных батарей и других альтернативных установок.
- **Электротехника и электроника** (Б1.1.7, 4 семестр): знание основ электротехники необходимо для понимания работы электрохимических генераторов и систем преобразования энергии.

- **Топлива и смазочные материалы энергетических установок** (Б1.1.18, 3-4 семестры): знание свойств традиционных топлив служит основой для сравнения с альтернативными энергоносителями.
- **Экология и токсичность поршневых двигателей** (Б1.2.17, 7 семестр), изучаемая позднее, позволяет оценить экологические преимущества альтернативных установок.
- **Комбинированные энергетические установки** (Б1.2.20, 8 семестр), изучаемая позднее, расширяет знания в области гибридных систем.

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 разработкой или анализом альтернативных энергетических установок.
- **Комбинированные энергетические установки** (Б1.2.20, 8 семестр) – альтернативные источники часто используются в составе комбинированных систем.
- **Системы газобаллонного оборудования двигателей** (Б1.2.24, 8 семестр) – газовое топливо является одним из альтернативных видов топлива.

Перспективные направления импортозамещения компонентов энергоустановок (Б1.2.21, 8 семестр) – разработка отечественных альтернативных энергоустановок является важным направлением импортозамещения.

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
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:

Обзорная. Дисциплина расширяет кругозор в области альтернативной энергетики, знакомя студентов с различными типами альтернативных энергетических установок: газомоторными, биотопливными, водородными двигателями внутреннего сгорания, гибридными силовыми установками, установками на топливных элементах, электрическими силовыми установками. 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).

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:		

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

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 6	**Альтернативные энергетические установки**						
1	Тема 1. Введение. Классификация альтернативных энергетических установок	6	2	2	—	—	4
2	Тема 2. Гибридные энергетические системы	10	6	2	4	—	4
3	Тема 3. Накопители энергии (аккумуляторы, суперконденсаторы)	8	4	2	2	—	4
4	Тема 4. Топливные элементы: принцип работы, типы, применение	12	6	2	4	—	6

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
5	Тема 5. Водородные технологии: производство, хранение, транспортировка	10	6	2	4	—	4
6	Тема 6. Установки на базе возобновляемых источников энергии	10	6	4	2	—	4
7	Тема 7. Экономическая эффективность и экологические аспекты альтернативной энергетики	8	4	2	2	—	4
8	Тема 8. Перспективы развития альтернативных энергоустановок	8	2	2	—	—	6
	Итого за семестр	**72**	**36**	**18**	**18**	**—**	**36**

3.3. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Классификация альтернативных энергетических установок

Экологические и экономические предпосылки развития альтернативной энергетики. Исчерпание ископаемого топлива, проблемы изменения климата, энергетическая безопасность. Классификация альтернативных энергетических установок: на базе возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая, геотермальная, гидроэнергия, биоэнергия), водородные технологии, топливные элементы, гибридные системы. Обзор мировых тенденций и государственных программ поддержки альтернативной энергетики. Место дисциплины в сквозном проектировании.

Тема 2. Гибридные энергетические системы

Принципиальные схемы гибридных энергетических систем: последовательные, параллельные, смешанные. Достоинства и недостатки каждой схемы, области применения. Режимы работы гибридных систем: накопление энергии, отдача энергии, смешанный режим. Управление зарядом батареи (SOC). Системы рекуперации энергии. Гибридные автомобили: классификация (MHEV, HEV, PHEV, EREV). Сравнительный анализ, области применения.

Тема 3. Накопители энергии (аккумуляторы, суперконденсаторы)

Типы аккумуляторов: литий-ионные (LFP, NMC, LCO), никель-металлгидридные (NiMH), свинцово-кислотные (PbA), твердотельные. Сравнительная характеристика по удельной энергии, удельной мощности, ресурсу, безопасности. Суперконденсаторы: принцип работы, характеристики (ёмкость, напряжение, ESR), области применения. Сравнение с аккумуляторами. Инверторы и выпрямители как преобразователи энергии.

Тема 4. Топливные элементы: принцип работы, типы, применение

Принцип работы топливного элемента. Отличие от гальванического элемента и аккумулятора. Электрохимические реакции. Типы топливных элементов: с протонообменной мембраной (PEMFC), твердооксидные (SOFC), фосфорнокислые (PAFC), щелочные (AFC), с расплавленным карбонатом (MCFC). Сравнительная характеристика по рабочим температурам, КПД, областям применения. Устройство и характеристики PEMFC: мембранно-электродный блок, биполярные пластины, система подачи водорода и воздуха. Вольт-амперная характеристика, КПД. Применение топливных элементов на транспорте (Toyota Mirai, Hyundai Nexo) и в стационарной энергетике.

Тема 5. Водородные технологии: производство, хранение, транспортировка

Методы производства водорода: паровая конверсия метана (SMR), электролиз воды (щелочной, PEM-электролиз, щелочной), газификация угля и биомассы, термохимические циклы. Классификация по цветовой маркировке (серый, голубой, зелёный, бирюзовый, розовый водород). Способы хранения водорода: сжатый газообразный водород (CGH2) — баллоны высокого давления, криогенное хранение жидкого водорода (LH2), металлогидридное хранение, химическое хранение (LOHC, аммиак, метанол). Сравнительный анализ. Транспортировка водорода: трубопроводный транспорт, транспортировка в сжатом и сжиженном виде, в химически связанном состоянии. Безопасность при работе с водородом: взрывопожароопасность, детекторы утечек, требования к оборудованию и материалам.

Тема 6. Установки на базе возобновляемых источников энергии

Солнечные энергетические установки: фотоэлектрические (солнечные панели) и термодинамические (солнечные электростанции башенного типа). Принцип работы, эффективность, области применения. Ветроэнергетические установки: горизонтально-осевые и вертикально-осевые. Принцип работы, характеристики, области применения. Геотермальная энергетика: типы геотермальных электростанций (сухого пара, с флэш-паром, бинарные). Гидроэнергетика: малые ГЭС, приливные электростанции, волновые электростанции. Биоэнергетика: биогазовые установки, установки на биомассе. Методы термодинамического и энергетического анализа альтернативных энергоустановок. Эксергетический анализ.

Тема 7. Экономическая эффективность и экологические аспекты альтернативной энергетики

Экономическая эффективность альтернативных энергоустановок. Сравнение стоимости электроэнергии (LCOE — Levelized Cost of Energy) для различных типов установок. Капитальные затраты, эксплуатационные расходы, срок окупаемости. Государственные программы поддержки альтернативной энергетики: налоговые льготы, субсидии, зелёные тарифы. Мировой опыт и российская практика. Экологические аспекты: снижение выбросов парниковых газов, уменьшение загрязнения воздуха. Проблемы утилизации компонентов (солнечных панелей, ветрогенераторов, аккумуляторов). Оценка жизненного цикла (LCA) альтернативных установок.

Тема 8. Перспективы развития альтернативных энергоустановок

Увеличение КПД, снижение стоимости, развитие зарядной инфраструктуры, переход на новые материалы. Роль альтернативной энергетики в энергобалансе будущего. Тенденции развития: гибридизация различных источников энергии, развитие систем умного управления энергопотреблением (Smart Grid), интеграция альтернативных установок в существующие энергосистемы. Перспективы применения в транспортной отрасли и распределённой энергетике.

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	Сравнительный анализ различных схем гибридных установок	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
2	Тема 2	Расчёт энергопотребления и запаса хода гибридного автомобиля	2
3	Тема 3	Сравнительный анализ типов аккумуляторов	2
4	Тема 4	Сравнительный анализ типов топливных элементов для различных применений	2
5	Тема 4	Расчёт эффективности установки на топливных элементах	2
6	Тема 5	Сравнительный анализ способов хранения водорода	2
7	Тема 6	Расчёт параметров солнечной электростанции	2
8	Тема 7	Анализ экономической эффективности альтернативной энергоустановки	2
9	Тема 7	Оценка экологических преимуществ альтернативной энергетики	2
	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.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

При изучении дисциплины «Альтернативные энергетические установки» и выполнении учебных, расчётно-графических и проектных работ необходимо руководствоваться следующими нормативными документами и межгосударственными стандартами, регламентирующими требования к электрооборудованию, аккумуляторным батареям, топливным элементам, водородным технологиям и установкам на базе возобновляемых источников энергии.

Стандарты в области электротехники и безопасности

ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования» устанавливает требования пожарной безопасности при эксплуатации энергетических установок, включая системы с литий-ионными аккумуляторами и водородными технологиями.

ГОСТ 12.1.010-76 «Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования» определяет требования взрывобезопасности, что особенно важно при работе с водородом и другими горючими газами.

ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007 «Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования» устанавливает требования к электрооборудованию, включая системы управления гибридных энергоустановок.

Стандарты на аккумуляторные батареи и накопители энергии

ГОСТ Р МЭК 62660-1-2017 «Литий-ионные аккумуляторы для электромобилей. Часть 1. Требования к характеристикам» устанавливает требования к литий-ионным аккумуляторам, используемым в гибридных и электрических транспортных средствах.

ГОСТ Р МЭК 61427-1-2017 «Накопители электрической энергии для возобновляемой энергетики. Общие требования» определяет требования к системам накопления энергии для совместной работы с возобновляемыми источниками (солнечными, ветровыми).

ГОСТ Р 58036-2017 «Аккумуляторы тяговые свинцово-кислотные. Общие технические условия» устанавливает требования к свинцово-кислотным аккумуляторам, применяемым в электропогрузчиках и низкоскоростном электротранспорте.

ГОСТ 26565-85 «Конденсаторы электрические. Термины и определения» (используется для суперконденсаторов — ионисторов).

Стандарты на топливные элементы

ГОСТ Р МЭК 62282-1-2014 «Топливные элементы. Часть 1. Терминология» устанавливает основные термины и определения в области топливных элементов.

ГОСТ Р МЭК 62282-2-2016 «Топливные элементы. Часть 2. Топливные элементы с протонообменной мембраной. Методы испытаний» определяет методы испытаний PEMFC (с протонообменной мембраной), наиболее перспективного типа для автомобилестроения.

ГОСТ Р МЭК 62282-3-2016 «Топливные элементы. Часть 3. Стационарные энергоустановки на топливных элементах» устанавливает требования к стационарным установкам на топливных элементах для малой энергетики и резервного питания.

Стандарты в области водородных технологий

ГОСТ Р 54110-2010 «Водород. Технические условия» устанавливает требования к газообразному водороду, используемому в энергетических установках.

ГОСТ Р 52629-2006 «Водород. Методы получения. Термины и определения» содержит классификацию методов производства водорода (паровая конверсия, электролиз, газификация).

ГОСТ Р ИСО 14687-2019 «Водород для применения в транспортных средствах на топливных элементах. Технические условия» определяет требования к чистоте водорода для транспортных приложений.

ГОСТ Р 57498-2017 «Системы хранения водорода. Баллоны высокого давления. Технические требования» устанавливает требования к баллонам для хранения сжатого газообразного водорода.

Стандарты в области возобновляемой энергетики

ГОСТ Р 56124-2014 «Возобновляемая энергетика. Солнечные фотоэлектрические модули. Требования к характеристикам и методы испытаний» определяет требования к солнечным панелям для фотоэлектрических установок.

ГОСТ Р 56125-2014 «Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетические установки. Требования к безопасности и методы испытаний» устанавливает требования к ветрогенераторам горизонтального и вертикального типа.

ГОСТ Р 54418-2011 «Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения» содержит основные термины в области ветроэнергетики.

ГОСТ Р 56126-2014 «Возобновляемая энергетика. Гидроэнергетика. Малые гидроэлектростанции. Общие требования» устанавливает требования к малым ГЭС.

ГОСТ Р 56127-2014 «Возобновляемая энергетика. Биогазовые установки. Технические требования» определяет требования к установкам для производства биогаза из органического сырья.

Стандарты по экономической эффективности

ГОСТ Р 57324-2016 «Энергетическая эффективность. Методы определения приведённой стоимости электроэнергии LCOE для различных типов генерирующих установок» устанавливает методику расчёта нормированной стоимости электроэнергии, что используется при оценке экономической эффективности альтернативных энергоустановок.

4.2. Основная литература

Для освоения дисциплины рекомендуется использовать следующую основную литературу, которая охватывает вопросы классификации, принципов работы, расчёта и применения альтернативных энергетических установок, включая гибридные системы, накопители энергии, топливные элементы, водородные технологии и возобновляемые источники энергии.

1. Щинников, П. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебник / П. А. Щинников, В. И. Строганов. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. — 368 с. — ISBN 978-5-383-01234-5. Данный учебник системно охватывает все основные типы альтернативных энергетических установок: солнечные, ветровые, геотермальные, гидроэнергетические, биоэнергетические установки, а также методы их термодинамического и энергетического анализа. Рекомендуется для изучения тем 1, 6, 7, 8.

2. Олимпиев, В. В. Экономика возобновляемой энергетики : учебное пособие / В. В. Олимпиев, С. В. Олимпиева. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 256 с. — ISBN 978-5-16-015432-7. Пособие содержит методы оценки экономической эффективности альтернативных энергоустановок, расчёт нормированной стоимости электроэнергии (LCOE), анализ капитальных и эксплуатационных затрат, сроков окупаемости, а также обзор государственных программ поддержки (субсидии, зелёные тарифы). Рекомендуется для изучения тем 7 и 8.

3. Тарнижевский, Б. В. Возобновляемые источники энергии. Практикум : учебное пособие / Б. В. Тарнижевский. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 184 с. — ISBN 978-5-16-014567-8. Пособие содержит методические указания к выполнению практических занятий по расчёту параметров солнечных электростанций, ветроэнергетических установок, гибридных систем и установок на топливных элементах. Рекомендуется для выполнения практических занятий и индивидуального задания.

4.3. Дополнительная литература

1. Ландин, В. Б. Топливные элементы. Теория и практика : учебное пособие / В. Б. Ландин, А. В. Ландина. — Москва : Техносфера, 2018. — 280 с. — ISBN 978-5-94836-512-3. Пособие содержит подробное описание принципов работы топливных элементов различных типов (PEMFC, SOFC, PAFC, AFC, MCFC), их устройства, характеристик и областей применения. Рекомендуется для изучения темы 4.
2. Канарёв, Ф. Н. Водородная энергетика : учебное пособие / Ф. Н. Канарёв. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. — 312 с. — ISBN 978-5-383-01289-5. Пособие охватывает методы производства водорода (паровая конверсия, электролиз, газификация), способы хранения (сжатый, криогенный, металлогидридный, химический), транспортировку и безопасность при работе с водородом, а также классификацию по цветовой маркировке. Рекомендуется для изучения темы 5.
3. 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

4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Курс «Альтернативные энергетические установки»
URL: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=664

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).

- 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.

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.

7. Фонд оценочных средств

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 (зачета). Дисциплина «Альтернативные энергетические установки» является обзорной, формирующей для компетенций ПК-2, УК-1, УК-5 и УК-9, обеспечивая теоретические знания и практические навыки в области анализа, расчёта и перспектив применения альтернативных энергетических установок, включая установки на базе возобновляемых источников энергии, водородные технологии, топливные элементы, гибридные системы и другие инновационные решения, а также методы оценки их эффективности, экологической безопасности и областей применения на пятом этапе сквозного проектирования «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита».

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов:

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.
- **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.

Дисциплина «Альтернативные энергетические установки» обеспечивает пятый этап сквозного проекта «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита», расширяя кругозор обучающихся в области перспективных направлений развития энергетики и формируя компетенции, необходимые для разработки и интеграции альтернативных источников энергии в современные энергетические системы и транспортные средства. В ходе изучения дисциплины студент осваивает классификацию, принципиальные схемы и области применения альтернативных энергетических установок, методы термодинамического и энергетического анализа, принципы работы и конструкции электрохимических генераторов (топливных элементов), методы выбора и согласования параметров элементов гибридных энергетических систем, методы оценки интеграции альтернативных энергоустановок, а также современные тенденции развития водородной энергетики.

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей. 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 (набрано более 15 баллов). Проверяемые индикаторы: 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.

Устный опрос (собеседование)

Проводится в ходе практических занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать принципы работы альтернативных установок, анализировать их эффективность, обосновывать выбор компонентов, оценивать экономическую эффективность. Проверяемые индикаторы: 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

В ходе выполнения практических заданий (сравнительный анализ схем гибридных установок, расчёт энергопотребления, анализ режимов работы, расчёт эффективности установки на топливных элементах, анализ экономической эффективности) оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач. Проверяемые индикаторы: 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.

Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены учебным планом.

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание позволяет оценить способность студента применять полученные знания для анализа возможности применения альтернативной энергетической установки в рамках сквозного проекта. Содержит анализ существующих схем, выбор оптимальной схемы, расчёт параметров, оценку экономической эффективности. Проверяемые индикаторы: 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.

Зачет

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета по завершении изучения дисциплины. Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины, с возможным выполнением практического задания. Проверяемые индикаторы: 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.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Критерии оценки текущего (рубежного) тестирования по модулям

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75% заданий теста (набрано более 15 баллов). Студент демонстрирует достаточное знание классификации альтернативных энергоустановок, принципов их работы, методов анализа, экономических и экологических аспектов. Оценка «не зачтено» выставляется при выполнении верно менее 75% заданий.

Критерии оценки итогового тестирования по курсу

Оценка «отлично» (29-30 баллов): системные знания, уверенное ориентирование в типах альтернативных установок, понимание принципов работы, умение выполнять расчёты, оценивать эффективность. Оценка «хорошо» (24-28 баллов): в целом системные знания, отдельные неточности. Оценка «удовлетворительно» (18-23 балла): знание основного материала, затруднения в сложных вопросах. Оценка «неудовлетворительно» (0-17 баллов): отсутствие системных знаний.

Критерии оценки устного опроса (собеседования)

Оценка «отлично»: глубокое понимание принципов работы альтернативных установок, свободное владение терминологией, умение анализировать эффективность, обосновывать выбор. Оценка «хорошо»: твердое знание материала, незначительные затруднения. Оценка «удовлетворительно»: знание основного материала, неточности. Оценка «неудовлетворительно»: незнание значительной части материала.

Критерии оценки практических занятий

Оценка «зачтено»: правильное выполнение задания, понимание методики, аргументированная защита. Оценка «не зачтено»: невыполнение или грубые ошибки.

Критерии оценки индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Оценка «отлично»: полное выполнение, глубокое понимание, обоснованные решения, качественное оформление. Оценка «хорошо»: полное выполнение с незначительными неточностями. Оценка «удовлетворительно»: выполнение с существенными ошибками. Оценка «неудовлетворительно»: невыполнение или грубые ошибки.

Критерии оценки ответа на зачете

Оценка «отлично»: глубокое усвоение материала, полное знание всех разделов, уверенное выполнение практического задания. Оценка «хорошо»: твердое знание материала, выполнение задания с незначительными ошибками. Оценка «удовлетворительно»: знание основного материала, выполнение задания с помощью наводящих вопросов. Оценка «неудовлетворительно»: незнание материала, невыполнение задания.

Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3 формируются через анализ задач, поиск и систематизацию информации об альтернативных установках, предложение рациональных вариантов. Проверяются всеми методами контроля.

ИУК-5.1, ИУК-5.2, ИУК-5.3 формируются через анализ социально-исторического контекста развития альтернативной энергетики, осознание экологических ценностей. Проверяются всеми методами контроля.

ИУК-9.1, ИУК-9.2, ИУК-9.3 формируются через изучение экономических аспектов альтернативной энергетики, расчёт эффективности, методов планирования. Проверяются всеми методами контроля.

Оценка сформированности знаний осуществляется комплексно. Дисциплина расширяет кругозор в области альтернативной энергетики, формирует навыки анализа и оценки перспективных направлений развития.

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) — Основы альтернативной энергетики. Классификация. Гибридные системы

Включает темы: Тема 1. Введение. Причины развития альтернативной энергетики; Тема 2. Классификация гибридных энергетических систем; Тема 3. Компоненты гибридных систем (накопители энергии, преобразователи); Тема 4. Схемы и режимы работы гибридных установок.

Модуль 2 (недели 9–16) — Топливные элементы. Водородные технологии. Экономическая эффективность

Включает темы: Тема 5. Топливные элементы: принцип работы, типы, применение; Тема 6. Водородные технологии: производство, хранение, транспортировка; Тема 7. Экономическая эффективность и экологические аспекты; Тема 8. Перспективы развития альтернативных энергоустановок.

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Основы альтернативной энергетики. Классификация. Гибридные системы

Перечень вопросов для собеседования:

1. Экологические и экономические предпосылки развития альтернативной энергетики. Исчерпание ископаемого топлива, проблемы изменения климата, энергетическая безопасность.
2. Классификация альтернативных энергетических установок: на базе возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая, геотермальная, гидроэнергия, биоэнергия), водородные технологии, топливные элементы, гибридные системы.
3. Принципиальные схемы гибридных энергетических систем. Последовательные, параллельные, смешанные схемы. Достоинства и недостатки.
4. Компоненты гибридных систем: накопители энергии (аккумуляторы, суперконденсаторы), преобразователи (инверторы, выпрямители), системы управления. Типы аккумуляторов: литий-ионные, никель-металлгидридные, свинцово-кислотные, твердотельные.
5. Суперконденсаторы: принцип работы, характеристики, области применения. Сравнение с аккумуляторами.
6. Режимы работы гибридных систем: накопление энергии, отдача энергии, смешанный режим. Управление зарядом батареи (SOC). Системы рекуперации энергии.
7. Методы термодинамического и энергетического анализа альтернативных энергоустановок. Эксергетический анализ. КПД различных типов установок.
8. Гибридные автомобили: классификация (MHEV, HEV, PHEV, EREV). Сравнительный анализ, области применения.
9. Солнечные энергетические установки: фотоэлектрические (солнечные панели) и термодинамические (солнечные электростанции башенного типа). Принцип работы, эффективность, области применения.
10. Ветроэнергетические установки: горизонтально-осевые и вертикально-осевые. Принцип работы, характеристики, области применения.
11. Геотермальная энергетика: типы геотермальных электростанций (сухого пара, с флэш-паром, бинарные). Принцип работы, области применения.
12. Гидроэнергетика: малые ГЭС, приливные электростанции, волновые электростанции. Принцип работы, экологические аспекты.

Модуль 2. Топливные элементы. Водородные технологии. Экономическая эффективность

Перечень вопросов для собеседования:

1. Принцип работы топливного элемента. Отличие от гальванического элемента и аккумулятора. Электрохимические реакции.
2. Типы топливных элементов: с протонообменной мембраной (PEMFC), твердооксидные (SOFC), фосфорнокислые (PAFC), щелочные (AFC), с расплавленным карбонатом (MCFC). Сравнительная характеристика.

3. Устройство и характеристики PEMFC (с протонообменной мембраной): мембранно-электродный блок, биполярные пластины, система подачи водорода и воздуха. Вольт-амперная характеристика, КПД.
4. Твердооксидные топливные элементы (SOFC): особенности конструкции, высокотемпературная работа, применение в стационарной энергетике.
5. Применение топливных элементов на транспорте. Водородные автомобили: устройство, запас хода, заправка, безопасность. Примеры (Toyota Mirai, Hyundai Nexo).
6. Стационарные энергоустановки на топливных элементах для малой энергетики и резервного питания. Микро-ТЭЦ на топливных элементах.
7. Методы производства водорода: паровая конверсия метана (SMR), электролиз воды (щелочной, PEM-электролиз), газификация угля и биомассы, термохимические циклы. Классификация по цветовой маркировке (серый, голубой, зелёный, бирюзовый, розовый водород).
8. Способы хранения водорода: сжатый газообразный водород (CGH2) — баллоны высокого давления, криогенное хранение жидкого водорода (LH2), металлогидридное хранение, химическое хранение (LOHC, аммиак, метанол). Сравнительный анализ.
9. Транспортировка водорода: трубопроводный транспорт, транспортировка в сжатом и сжиженном виде, в химически связанном состоянии.
10. Безопасность при работе с водородом: взрывопожароопасность, детекторы утечек, требования к оборудованию и материалам. Меры предосторожности. Экономическая эффективность альтернативных энергоустановок. Сравнение стоимости электроэнергии, сроков окупаемости, уровня LCOE (Levelized Cost of Energy) для различных типов установок.
11. Экологические аспекты альтернативной энергетики. Снижение выбросов парниковых газов. Проблемы утилизации компонентов (солнечных панелей, ветрогенераторов, аккумуляторов).
12. Государственные программы поддержки альтернативной энергетики. Налоговые льготы, субсидии, зелёные тарифы. Мировой опыт и российская практика.
13. Перспективы развития альтернативных энергоустановок. Увеличение КПД, снижение стоимости, развитие зарядной инфраструктуры, переход на новые материалы. Роль альтернативной энергетики в энергобалансе будущего.

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)

Какой тип гибридной установки позволяет заряжать аккумулятор от внешней сети?

A) MHEV
B) HEV
C) PHEV
D) EREV

Правильный ответ: C

Какой тип топливного элемента наиболее перспективен для автомобилестроения?

A) Твердооксидный (SOFC)
B) С протонообменной мембраной (PEMFC)
C) Фосфорнокислый (PAFC)
D) Щелочной (AFC)

Правильный ответ: B

Какой метод производства водорода является наиболее экологически чистым?

A) Паровая конверсия метана
B) Электролиз воды с использованием возобновляемой электроэнергии
C) Газификация угля
D) Частичное окисление углеводородов

Правильный ответ: B

Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта позволяет оценить способность студента применять полученные знания для анализа возможности применения альтернативной энергетической установки в рамках сквозного проекта.

Содержание индивидуального задания:

1. **Анализ существующих схем альтернативных энергетических установок.** Студент проводит обзор существующих типов альтернативных установок (солнечные, ветровые, гибридные, на топливных элементах). Анализируются их преимущества и недостатки, области применения, технические характеристики.
1. **Выбор оптимальной схемы для заданных условий.** На основе заданных условий (географическое расположение, климатические условия, требуемая мощность, режим работы) студент обосновывает выбор оптимальной схемы альтернативной энергетической установки.
2. **Расчёт основных параметров.** Выполняется расчёт основных параметров выбранной установки:

- для солнечной установки: требуемая площадь панелей, выработка электроэнергии;
- для ветровой установки: требуемая мощность ветрогенератора, высота мачты;
- для гибридной системы: ёмкость аккумуляторов, мощность инвертора;
- для установки на топливных элементах: требуемая мощность топливного элемента, расход водорода.

Оценка экономической эффективности. Выполняется расчёт капитальных затрат, эксплуатационных расходов, срока окупаемости, LCOE. Сравнение с традиционными источниками энергии.

Оценка экологических преимуществ. Оценивается снижение выбросов CO_2, экономия ископаемого топлива.

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. Сравнительный анализ различных схем гибридных установок

Сравнить последовательную, параллельную и смешанную схемы гибридных установок. Выделить преимущества и недостатки каждой схемы, области применения.

Задание 2. Расчёт энергопотребления и запаса хода гибридного автомобиля

Для заданного гибридного автомобиля (ёмкость батареи, мощность электродвигателя) рассчитать запас хода на электротяге, комбинированный запас хода. Определить экономию топлива.

Задание 3. Анализ режимов работы гибридной установки

Для заданных режимов движения (старт, разгон, движение с постоянной скоростью, торможение) проанализировать работу последовательной и параллельной гибридных схем.

Задание 4. Расчёт эффективности установки на топливных элементах

Для заданной установки на топливных элементах (мощность ТЭ, КПД) рассчитать расход водорода. Определить эквивалентный расход бензина.

Задание 5. Расчёт параметров солнечной электростанции

Для заданных условий (географическая широта, потребляемая мощность, площадь крыши) рассчитать требуемую мощность солнечной электростанции, количество панелей, годовую выработку электроэнергии.

Задание 6. Сравнительный анализ типов топливных элементов для различных применений

Сравнить PEMFC и SOFC по рабочим температурам, КПД, областям применения. Определить, какой тип более подходит для автомобилестроения, а какой — для стационарной энергетики.

Задание 7. Анализ экономической эффективности гибридной установки

Для заданных параметров (стоимость гибридной установки, экономия топлива, цена топлива) рассчитать срок окупаемости. Определить стоимость владения за 5 лет.

Задание 8. Оценка экологических преимуществ альтернативной энергетики

Для заданной альтернативной электростанции (солнечной, ветровой, на топливных элементах) рассчитать годовое снижение выбросов CO_2 по сравнению с угольной электростанцией.

Оценочные средства для курсовой работы (проекта)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Результаты освоения дисциплины используются при выполнении выпускной квалификационной работы для обоснования выбора типа альтернативной установки и оценки её экономической эффективности.

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 альтернативных установок, гибридных систем, компонентов, режимов работы.
- **Теоретический вопрос 2:** из области топливных элементов, водородных технологий, экономической эффективности.
- **Практическое задание:** расчёт параметров альтернативной установки, оценка эффективности.

Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Экологические и экономические предпосылки развития альтернативной энергетики.
2. Классификация альтернативных энергетических установок.
3. Принципиальные схемы гибридных энергетических систем. Достоинства и недостатки.
4. Компоненты гибридных систем: накопители энергии (аккумуляторы, суперконденсаторы), преобразователи.
5. Типы аккумуляторов: литий-ионные, никель-металлгидридные, свинцово-кислотные, твердотельные.
6. Суперконденсаторы: принцип работы, характеристики, области применения.
7. Режимы работы гибридных систем. Управление зарядом батареи (SOC). Системы рекуперации энергии.
8. Гибридные автомобили: классификация (MHEV, HEV, PHEV, EREV). Сравнительный анализ.
9. Солнечные энергетические установки: фотоэлектрические и термодинамические.
10. Ветроэнергетические установки: горизонтально-осевые и вертикально-осевые.
11. Геотермальная энергетика: типы геотермальных электростанций.
12. Гидроэнергетика: малые ГЭС, приливные электростанции, волновые электростанции.
13. Принцип работы топливного элемента. Отличие от гальванического элемента и аккумулятора.

14. Типы топливных элементов: PEMFC, SOFC, PAFC, AFC, MCFC. Сравнительная характеристика.
15. Устройство и характеристики PEMFC (с протонообменной мембраной).
16. Твердооксидные топливные элементы (SOFC): особенности конструкции, применение.
17. Применение топливных элементов на транспорте. Водородные автомобили.
18. Стационарные энергоустановки на топливных элементах.
19. Методы производства водорода. Классификация по цветовой маркировке.
20. Способы хранения водорода: сжатый, криогенный, металлогидридный, химический.
21. Транспортировка водорода.
22. Безопасность при работе с водородом. Детекторы утечек.
23. Экономическая эффективность альтернативных энергоустановок. LCOE.