

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
АВТОНОМНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ И СИСТЕМЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 5; 3 семестр - 2; всего - 7
Часов (всего) по учебному плану:	252 часа
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 48 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа; 3 семестр - 16 часов; всего - 18 часов
Самостоятельная работа	2 семестр - 113,5 часов; 3 семестр - 51,7 часа; всего - 165,2 часа
в том числе на КП/КР	3 семестр - 11,7 часов;
Иная контактная работа	3 семестр - 4 часа;
включая: Контрольная работа Индивидуальный проект Домашнее задание	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;
Защита курсового проекта	3 семестр - 0,3 часа; всего - 0,8 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Нефедкин С.И.
	Идентификатор	Re4207b7b-NefedkinSI-3a80b823

(подпись)

С.И. Нефедкин

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ланская И.И.
	Идентификатор	R3db6324d-Lanskyall-6f410db9

(подпись)

И.И. Ланская

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулешов Н.В.
	Идентификатор	Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6

(подпись)

Н.В. Кулешов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение процессов при работе электрохимических энергоустановок, проведение анализа и расчет схем энергоснабжения автономных потребителей

Задачи дисциплины

- овладение основами расчета и анализа процессов при работе электрохимических энергоустановок в схемах автономного энергоснабжения потребителей;
- овладение основами проектирования и расчета схем энергоснабжения автономных потребителей.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	ИД-1ПК-3 Обосновывает потребности в техническом и материальном обеспечении эксплуатации автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-1ПК-3 условия штатной эксплуатации и модернизации оборудования в схемах автономных энергетических систем. уметь: - ИД-1ПК-3 принимать грамотные инженерно-технические решения для обеспечения энергоэффективной и надежной эксплуатации энергетического оборудования.
ПК-3 Способен к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	ИД-3ПК-3 Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-3ПК-3 схемы энергоснабжения и состав оборудования автономных энергетических систем. уметь: - ИД-3ПК-3 анализировать научную информацию в области разработки устройств автономных энергетических систем определять влияние графиков нагрузки потребителя, потенциала возобновляемых источников энергии и параметров устройств на эффективность схем автономного энергоснабжения потребителя.
ПК-3 Способен к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной,	ИД-4ПК-3 Анализирует научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-4ПК-3 основные процессы и условия при работе оборудования в схемах автономных энергетических систем. уметь: - ИД-4ПК-3 анализировать научную проблематику области исследований и разработки устройств для автономных

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
электрохимической энергетики и их элементов		энергетических систем и применять их для усовершенствования работы оборудования.
ПК-4 Способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах	ИД-1ПК-4 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-1ПК- 4 нормативные документы и методы расчета устройств автономных энергетических систем. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-1ПК- 4 использовать нормативно-техническую документацию для энергоэффективного использования электрохимических устройств в автономных энергетических системах.
ПК-4 Способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах	ИД-2ПК-4 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-2ПК- 4 методы определения потребности электрохимических устройств автономных энергетических систем в топливе, обоснования мероприятий по уменьшению расхода топлива. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-2ПК- 4 эффективно использовать топливно-энергетические ресурсы при эксплуатации автономных энергетических систем разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению электрохимических устройств для автономных энергетических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Теоретическая электрохимия
- знать Физическая химия
- знать Водородная и электрохимическая энергетика

- знать Теоретические основы химических источников тока
- уметь анализировать научную проблематику области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов
- уметь использовать энергосберегающие технологии в химических источниках тока

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Автономные энергосистемы. Потребители, графики нагрузки. Энергоустановки на органическом топливе. Классификация и основные характеристики топлив	32	2	3	-	9	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Автономные энергосистемы. Потребители, графики нагрузки. Энергоустановки на органическом топливе. Классификация и основные характеристики топлив" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Автономные энергосистемы. Потребители, графики нагрузки. Энергоустановки на органическом топливе. Классификация и основные характеристики топлив"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Автономные энергосистемы. Потребители, графики нагрузки. Энергоустановки на органическом топливе. Классификация и основные характеристики топлив и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 228–261 [3], 16–35 [7], 9–28, 32–55</p>
1.1	Вводная лекция. Автономные энергосистемы. Потребители и их классификация. Графики потребления тепловой и электрической энергии.	15		1	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
1.2	Энергоустановки на органическом топливе. Классификация, параметры и принципы функционирования. Классификация и	17		2	-	5	-	-	-	-	-	10	-	

	основные характеристики топлив												
2	Электрохимические энергоустановки. Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии	36	4	-	12	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Электрохимические энергоустановки. Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии и подготовка к контрольной работе
2.1	Электрохимические энергоустановки. Классификация. Основные типы, параметры и принципы функционирования.	13	1	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Электрохимические энергоустановки. Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
2.2	Методы и средства аккумулирования электрической энергии.	11	1	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрохимические энергоустановки. Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии"
2.3	Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии.	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 3–75, 87–96 [4], 89-91 [5], 51–59, 16–54 [6], 215–301 [7], 72–88, 118–131
3	Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Солнечные фотоэлектрические преобразователи и ветрогенераторы. Использование гидро-	34	3	-	11	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Классификация ВИЭ, оценка потенциала и использование для автономного энергоснабжения. Солнечные фотоэлектрические преобразователи.

	и биоресурсов. Автономное теплоснабжение. Автономное водоснабжение.												Ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение. Источники и схемы теплоснабжения. Тепловые насосы. Солнечные коллекторы. Методы расчета тепловой нагрузки автономного объекта. Автономное водоснабжение. Источники и схемы водоснабжения и очистки воды." Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Классификация ВИЭ, оценка потенциала и использование для автономного энергоснабжения. Солнечные фотоэлектрические преобразователи. Ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение.
3.1	Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Классификация ВИЭ, оценка потенциала и использование для автономного энергоснабжения. Солнечные фотоэлектрические преобразователи. Ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение.	17	2	-	5	-	-	-	-	-	10	-	
3.2	Источники и схемы теплоснабжения. Тепловые насосы. Солнечные коллекторы. Методы расчета тепловой нагрузки автономного объекта. Автономное водоснабжение. Источники и схемы водоснабжения и очистки воды.	17	1	-	6	-	-	-	-	-	10	-	Солнечные фотоэлектрические преобразователи. Ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение. Источники и схемы теплоснабжения. Тепловые насосы. Солнечные коллекторы. Методы расчета тепловой нагрузки автономного объекта. Автономное водоснабжение. Источники и схемы водоснабжения и очистки воды." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Классификация ВИЭ, оценка потенциала и использование для автономного энергоснабжения. Солнечные

													<p>фотоэлектрические преобразователи. Ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение. Источники и схемы теплоснабжения. Тепловые насосы. Солнечные коллекторы. Методы расчета тепловой нагрузки автономного объекта. Автономное водоснабжение. Источники и схемы водоснабжения и очистки воды."</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[2], 5–65 [6], 247–257 [7], 88–118, 191–209</p>
4	Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо. Энергоснабжение с использованием альтернативных источников энергии. Автономное энергоснабжение мобильных потребителей	42	6	-	16	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо. Энергоснабжение с использованием альтернативных источников энергии. Автономное энергоснабжение мобильных потребителей". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных заданий, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p>
4.1	Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо.	11	2	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<p>Выбор места расположения автономного объекта и расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и аккумуляторных батарей. Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения.</p>
4.2	Резервные источники и источники бесперебойного питания.	11	2	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо. Энергоснабжение с</p>
4.3	Схемы автономного	10	1	-	4	-	-	-	-	-	5	-	

	энергоснабжения с использованием альтернативных источников энергии. Экономическое обоснование схем автономного энергоснабжения.												использованием альтернативных источников энергии. Автономное энергоснабжение мобильных потребителей" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо. Энергоснабжение с использованием альтернативных источников энергии. Автономное энергоснабжение мобильных потребителей" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 238–261 [2], 45–85 [3], 16–35 [6], 215–225 [7], 131–180
4.4	Автономное энергоснабжение транспортных средств, мобильных средств связи и портативной техники.	10		1	-	4	-	-	-	-	5	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	180.0		16	-	48	-	2	-	-	0.5	80	33.5
	Итого за семестр	180.0		16	-	48	2	-	-	0.5	113.5		
5	Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки.	20	3	-	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 5–65 [7], 191–209
5.1	Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки.	20		-	-	-	-	-	-	-	20	-	
6	Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных	20		-	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 45–85

	модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения													[7], 131–180
6.1	Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения	20		-	-	-	-	-	-	-	20	-		
	Курсовой проект (КП)	32.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	11.7	-	
	Всего за семестр	72.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	51.7	-	
	Итого за семестр	72.0		-	-	-	16		4		0.3	51.7		
	ИТОГО	252.0	-	16	-	48	18		4		0.8	165.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Автономные энергосистемы. Потребители, графики нагрузки. Энергоустановки на органическом топливе. Классификация и основные характеристики топлив

1.1. Вводная лекция. Автономные энергосистемы. Потребители и их классификация. Графики потребления тепловой и электрической энергии.

Место электрохимической энергетики в структуре энергетики, включая автономную энергетику. Определения. Классификация автономных энергетических систем. Классификация энергоустановок. Классификация потребителей. Место автономных энергетических систем в энергосистеме региона и страны. Графики потребления тепловой и электрической энергии в зависимости от типа потребителя и региона. Характеристика основных потребителей тепловой и электрической энергии. Суточный и годовой график потребления в зависимости от различных факторов. Аккумуляирование энергии. Ресурсы повышения энергоэффективности и энергосбережения..

1.2. Энергоустановки на органическом топливе. Классификация, параметры и принципы функционирования. Классификация и основные характеристики топлив

Энергоустановки на органическом топливе. Их классификация. Основные характеристики. Преимущества и недостатки. Критерии выбора энергоустановки для автономного энергоснабжения. Идеальный термодинамический цикл (цикл Карно). Теоремы Карно. Зависимость к.п.д. энергоустановки от мощности. Энергоустановки на основе внутреннего сгорания топлива. Бензогенераторы (БГ). Рабочий цикл. Индикаторная диаграмма. Дизель генераторы (ДГ). Газопоршневые агрегаты (ГПА) на природном газе, биогазе и синтез газе. Микротурбины на природном и синтезируемом газе. Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики. Схемы тепло-электроснабжения. Топлива для автономных энергетических систем. Классификация и основные характеристики топлив. Способы переработки и использования различных видов топлив для автономного энергоснабжения. Системы хранения топлива..

2. Электрохимические энергоустановки. Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии

2.1. Электрохимические энергоустановки. Классификация. Основные типы, параметры и принципы функционирования.

Электрохимические преобразователи энергии. Энергоустановки на топливных элементах. Классификация типов топливных элементов. Основные характеристики и закономерности функционирования. Генераторы водорода. Классификация и закономерности функционирования. Выбор оборудования на основе электрохимических преобразователей для автономного энергоснабжения.

2.2. Методы и средства аккумуляирования электрической энергии.

Методы и средства аккумуляирования электрической энергии. Классификация и основные параметр накопителей. Механические, электрохимические, электромагнитные накопители электроэнергии. Аккумуляторные батареи (АБ). Типы АБ. Основные характеристики и закономерности функционирования. Особенности их использования для автономного энергоснабжения. Суперконденсаторы и редокс-батареи..

2.3. Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии.

Водородные накопители энергии. Системы хранения и очистки водорода. Методы расчета и оптимизации водородного аккумулирования энергии применительно к системам автономного энергоснабжения. Экономический аспект автономного энергоснабжения.

3. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Солнечные фотоэлектрические преобразователи и ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение. Автономное водоснабжение.

3.1. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Классификация ВИЭ, оценка потенциала и использование для автономного энергоснабжения. Солнечные фотоэлектрические преобразователи. Ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Традиционные и нетрадиционные ВИЭ. Классификация ВИЭ. Оценка потенциала ВИЭ и их использование для автономного энергоснабжения. Базы данных по приходу солнечной и ветровой энергии. Солнечные фотоэлектрические преобразователи. Принцип работы и основные характеристики СМ. Методы расчета СМ. Ветрогенераторы (ВГ). Основные конструкции ВГ и характеристики. Особенности применения и методы расчета ВГ. Микро и малые гидроэлектростанции. Использование биомассы..

3.2. Источники и схемы теплоснабжения. Тепловые насосы. Солнечные коллекторы. Методы расчета тепловой нагрузки автономного объекта. Автономное водоснабжение. Источники и схемы водоснабжения и очистки воды.

Источники теплоснабжения. Методы расчета тепловой нагрузки автономного потребителя жилого и производственного назначения. Влияние климатического и сезонного факторов. Солнечные вакуумные коллекторы (СВК). Принцип работы и основные характеристики. Тепловые насосы (ТН). Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики. Схемы тепло-электроснабжения. Вспомогательные элементы. Теплообменники. Бойлеры. Нагреватели. Котлы. Арматура. Гидробаки. Насосы. Автоматика и контроль..

4. Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо. Энергоснабжение с использованием альтернативных источников энергии. Автономное энергоснабжение мобильных потребителей

4.1. Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо.

Автономные электростанции и системы электроснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо: дизельные, бензиновые, газотурбинные, газодизельные, газопоршневые, парогазовые. Схемы энергоснабжения. Сравнительные характеристики. Экономический аспект..

4.2. Резервные источники и источники бесперебойного питания.

Резервные источники энергии и источники бесперебойного питания. Классификация систем для резервного энергоснабжения. Основные требования к надежности и техническим характеристикам.

4.3. Схемы автономного энергоснабжения с использованием альтернативных источников энергии. Экономическое обоснование схем автономного энергоснабжения.

Автономные энергосистемы на базе ветряных, солнечных, геотермальных установок и мини-ГЭС (малые гидротурбины). Схемы энергоснабжения. Сравнительные характеристики.

Экономический аспект. Принцип работы и основные характеристики СМ. Методы расчета схем на основе СМ и электрохимического аккумулирования энергии. Вспомогательные элементы. Контроллеры согласования и управления. Зарядные устройства. Инверторы. Схемы тепло-электроснабжения автономного объекта с использованием газового котла и твердооксидного топливного элемента (ТОТЭ). Особенности использования привозного или получаемого на месте потребления газа..

4.4. Автономное энергоснабжение транспортных средств, мобильных средств связи и портативной техники.

Автономные энергоустановки для автомобильного и транспорта. Автономные энергоустановки для мобильных средств связи и портативной техники. Автономные энергоустановки для авиации, беспилотных летательных аппаратов, космоса, железнодорожного транспорта, надводных подводных кораблей. Основные элементы и схемы энергоснабжения. Энергетические и экономические характеристики..

5. Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки.

5.1. Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки.

6. Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения

6.1. Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения

3.3. Темы практических занятий

1. Топливные элементы с твердым полимерным электролитом. Основные характеристики и особенности функционирования в автомобиле. Система хранения водорода. Расчет автомобиля на водород-воздушных топливных элементах (6 часов).;
2. Вводное занятие (2 часа);
3. Аккумуляторные батареи. Основные типы и характеристики. Использование в системах аккумулирования энергии автономного объекта на основе аккумуляторных батарей. Выбор АБ с использованием информационных ресурсов. Расчет системы аккумулирования энергии автономного объекта на основе аккумуляторных батарей (8 часов).;
4. Выбор места расположения автономного объекта. Оценка потенциала возобновляемых источников энергии и местных ресурсов топлива. Выбор солнечного модуля с использованием информационных ресурсов. Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и аккумуляторных батарей. Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения (10 часов).;
5. Выбор автономного объекта. Определение его характеристик и расчет тепловой нагрузки с использованием нормативных методик и документов. Обсуждение влияния климатического фактора на эффективность теплоснабжения и ресурсы энергосбережения (8 часов).;
6. Основные типы и закономерности работы топливных элементов. Выбор топливного

элемента. Основные типы и закономерности работы генераторов водорода. Зависимость к.п.д. топливного элемента от нагрузки. Выбор генератора водорода. Систем хранения водорода. Подбор оборудования с использованием информационных источников. Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Экономическое обоснование схемы энергоснабжения (6 часов).;

7. Характеристика основных потребителей тепловой и электрической энергии автономного объекта. Расчет суточного, недельного и годового графика потребления (8 часов).

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Автономные энергосистемы. Потребители, графики нагрузки. Энергоустановки на органическом топливе. Классификация и основные характеристики топлив"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Электрохимические энергоустановки. Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Солнечные фотоэлектрические преобразователи и ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение. Автономное водоснабжение."
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо. Энергоснабжение с использованием альтернативных источников энергии. Автономное энергоснабжение мобильных потребителей"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Автономные энергосистемы. Потребители, графики нагрузки. Энергоустановки на органическом топливе. Классификация и основные характеристики топлив"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические энергоустановки. Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Солнечные фотоэлектрические преобразователи и ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение. Автономное водоснабжение."

4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо. Энергоснабжение с использованием альтернативных источников энергии. Автономное энергоснабжение мобильных потребителей"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки."
2. Консультации проводятся по разделу "Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

3 Семестр

Курсовой проект (КП)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 12	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	50	50	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	50	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки
2	Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
Знать:								
ИД-1ПК-3 условия штатной эксплуатации и модернизации оборудования в схемах автономных энергетических систем	ИД-1ПК-3			+				Индивидуальный проект/Защита расчетного задания "Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки"
ИД-3ПК-3 схемы энергоснабжения и состав оборудования автономных энергетических систем	ИД-3ПК-3		+					Контрольная работа/Энергетические установки на топливных элементах
ИД-4ПК-3 основные процессы и условия при работе оборудования в схемах автономных энергетических систем	ИД-4ПК-3	+						Контрольная работа/Топлива для автономных энергетических установок
ИД-1ПК-4 нормативные документы и методы расчета устройств автономных энергетических систем	ИД-1ПК-4				+			Индивидуальный проект/Защита расчетного задания "Выбор места расположения автономного объекта и расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и аккумуляторных батарей. Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения"
ИД-2ПК-4 методы определения потребности электрохимических устройств автономных энергетических систем в топливе, обоснования мероприятий по уменьшению расхода топлива	ИД-2ПК-4					+		Домашнее задание/Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки
Уметь:								
ИД-1ПК-3 принимать грамотные инженерно-технические решения для обеспечения энергоэффективной и надежной эксплуатации энергетического оборудования	ИД-1ПК-3	+						Контрольная работа/Топлива для автономных энергетических установок
ИД-3ПК-3 анализировать научную информацию в области разработки устройств автономных	ИД-3ПК-3						+	Домашнее задание/Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и

энергетических систем определять влияние графиков нагрузки потребителя, потенциала возобновляемых источников энергии и параметров устройств на эффективность схем автономного энергоснабжения потребителя							водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения
ИД-4ПК-3 анализировать научную проблематику области исследований и разработки устройств для автономных энергетических систем и применять их для усовершенствования работы оборудования	ИД-4ПК-3				+		Индивидуальный проект/Защита расчетного задания "Выбор места расположения автономного объекта и расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и аккумуляторных батарей. Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения"
ИД-1ПК- 4 использовать нормативно-техническую документацию для энергоэффективного использования электрохимических устройств в автономных энергетических системах	ИД-1ПК-4				+		Индивидуальный проект/Защита расчетного задания "Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки"
ИД-2ПК- 4 эффективно использовать топливно-энергетические ресурсы при эксплуатации автономных энергетических систем разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению электрохимических устройств для автономных энергетических систем	ИД-2ПК-4				+		Контрольная работа/Энергетические установки на топливных элементах

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита расчетного задания "Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки" (Индивидуальный проект)
2. Защита расчетного задания "Выбор места расположения автономного объекта и расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и аккумуляторных батарей. Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения" (Индивидуальный проект)
3. Топлива для автономных энергетических установок (Контрольная работа)
4. Энергетические установки на топливных элементах (Контрольная работа)

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки (Домашнее задание)
2. Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Курсовой проект (КП) (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 280 с. - ISBN 5-7046-1185-0. ;
2. Нефедкин, С. И. Автономные энергетические установки и системы : учебное пособие по курсу "Автономные энергоустановки и системы" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. И. Нефедкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – М. : Изд-во МЭИ, 2018. – 218 с. - ISBN 978-5-7046-1847-8.

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10105;

3. Солнечная энергетика : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова, Н. К. Малинин . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 276 с. - ISBN 978-5-383-00270-4 .;

4. Коровин Н. В., Кулешов Н. В., Гончарук О. Н., Камышова В. К., Ланская И. И., Мясникова Н. В., Осина М. А., Удрис Е. Я., Яштулов Н. А.- "Общая химия. Теория и задачи", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2018 - (492 с.)
<https://e.lanbook.com/book/104946>;

5. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика", специальности 140101 "Тепловые электрические станции" по дисциплинам "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" и "Тепловые и атомные электрические станции" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов . – 2-е изд., стер . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 584 с. - ISBN 5-903072-19-4 .;

6. Кулешов, Н. В. Электрохимические технологии в водородной энергетике : учебное пособие по курсу "Водородная и электрохимическая энергетика" по направлению "Теплоэнергетика" / Н. В. Кулешов, С. А. Григорьев, В. Н. Фатеев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 116 с. - ISBN 978-5-383-00069-4 .;

7. Нефедкин, С. И. Расчет схем автономного энергоснабжения потребителя на основе солнечной фотоэлектрической станции и водородного аккумулирования энергии : учебно-методическое пособие по курсу "Автономные энергоустановки и системы" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. И. Нефедкин, М. И. Крючкова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 40 с.

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8208.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
8. Журналы издательства Wiley - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
10. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
11. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
12. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

13. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

14. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Автономные энергоустановки и системы

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Топлива для автономных энергетических установок (Контрольная работа)
 КМ-2 Энергетические установки на топливных элементах (Контрольная работа)
 КМ-3 Защита расчетного задания "Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки" (Индивидуальный проект)
 КМ-4 Защита расчетного задания "Выбор места расположения автономного объекта и расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и аккумуляторных батарей. Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения" (Индивидуальный проект)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Автономные энергосистемы. Потребители, графики нагрузки. Энергоустановки на органическом топливе. Классификация и основные характеристики топлив					
1.1	Вводная лекция. Автономные энергосистемы. Потребители и их классификация. Графики потребления тепловой и электрической энергии.		+			
1.2	Энергоустановки на органическом топливе. Классификация, параметры и принципы функционирования. Классификация и основные характеристики топлив		+			
2	Электрохимические энергоустановки. Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии					
2.1	Электрохимические энергоустановки. Классификация. Основные типы, параметры и принципы функционирования.			+		
2.2	Методы и средства аккумулирования электрической энергии.			+		
2.3	Классификация и основные параметры накопителей. Электрохимические накопители энергии.			+		
3	Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Солнечные фотоэлектрические преобразователи и ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение. Автономное водоснабжение.					
3.1	Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Классификация ВИЭ, оценка потенциала и использование для автономного энергоснабжения.				+	

	Солнечные фотоэлектрические преобразователи. Ветрогенераторы. Использование гидро- и биоресурсов. Автономное теплоснабжение.				
3.2	Источники и схемы теплоснабжения. Тепловые насосы. Солнечные коллекторы. Методы расчета тепловой нагрузки автономного объекта. Автономное водоснабжение. Источники и схемы водоснабжения и очистки воды.			+	
4	Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо. Энергоснабжение с использованием альтернативных источников энергии. Автономное энергоснабжение мобильных потребителей				
4.1	Схемы автономного энергоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо.				+
4.2	Резервные источники и источники бесперебойного питания.				+
4.3	Схемы автономного энергоснабжения с использованием альтернативных источников энергии. Экономическое обоснование схем автономного энергоснабжения.				+
4.4	Автономное энергоснабжение транспортных средств, мобильных средств связи и портативной техники.				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки (Домашнее задание)
- КМ-6 Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения (Домашнее задание)

Вид промежуточной аттестации – .

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	8	12
1	Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки.			
1.1	Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки.		+	
2	Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения			
2.1	Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения			+

	Bec KM, %:	50	50
--	------------	----	----

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Автономные энергоустановки и системы

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

КМ-1 соблюдение графика выполнения КР

КМ-2 контроль качества оформления КР

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	12
1	Выбор автономного объекта, анализ электроприемников и определение суточного графика нагрузки		+	
2	Расчет схемы его энергоснабжения на основе солнечных модулей и водородного аккумулирования энергии с использованием программы «Фотон». Подбор оборудования и экономическое обоснование схемы энергоснабжения			+
Вес КМ, %:			50	50