

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины
НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.22
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	5 семестр - 32 часа;
Практические занятия	5 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	5 семестр - 59,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа включая: Контрольная работа Расчетно-графическая работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	5 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ		
Владелец	Макеев А.Н.	
Идентификатор	Rde963724-MakeevAN-d54bbff2	

A.H. Макеев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ		
Владелец	Очков В.Ф.	
Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff	

B.F. Очков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ		
Владелец	Шацких Ю.В.	
Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f	

Ю.В. Шацких

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение теоретических основ использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ), принципов работы и обслуживания оборудования, методов расчета установок, методов оценки энергетической и экономической эффективности применения отдельных установок и схемных решений на базе НВИЭ.

Задачи дисциплины

- Приобретение теоретических знаний в области НВИЭ.;
- Освоение навыков расчета оборудования на базе НВИЭ.;
- Освоение навыков оценки энергетической и экономической эффективности применения установок на базе видов НВИЭ, а также схемных решений, включающих такие установки.;
- Формирование знаний о текущем положении НВИЭ в энергобалансе мира и отдельных стран, а также тенденциях его изменения..

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
ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИД-5опк-3 Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач	знать: - Теоретические основы использования энергии ветра, рек, приливов, геотермальной энергии, тепловой энергии океана.; - Теоретические основы использования энергии Солнца..
ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-2опк-4 Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	знать: - Конструкции и характеристики типового оборудования, а также типовые схемные решения, применяемые в солнечных энергетических системах.; - Конструкции и характеристики типового оборудования, а также типовые схемные решения, применяемые в системах энергоснабжения на базе различных НВИЭ.. уметь: - Оценивать энергетический потенциал ветра, малых рек, приливов, тепловой энергии земли и океана по ключевым параметрам..
ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных	ИД-3опк-4 Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и	уметь: - Выполнять расчеты, связанные с проектированием установок и систем на

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем	базе НВИЭ.; - Рассчитывать приход солнечной радиации на поверхность Земли для заданных координат и периодов.; - Определять рабочие параметры оборудования и систем на базе НВИЭ, анализировать эффективность этих систем..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Базовый курс физики для студентов технических ВУЗов. Основы теории теплообмена, технической термодинамики, гидрогазодинамики.

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Введение	4	5	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-			<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 15-35 [3], 15-43 [4], 6-9	
1.1	Общие вопросы возобновляемой энергетики	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-				
2	Солнечная энергетика	40		12	-	10	-	-	-	-	-	18	-			<u>Подготовка домашнего задания:</u> Решение задач по тем же темам, которые разбирались на последнем семинаре. Цель работы - закрепление пройденного материала и подготовка к контрольному мероприятию.	
2.1	Солнечная радиация	14	6	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-			<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы системы солнечного теплоснабжения и выбрать оптимальное значение площади коллектора для заданного потребителя в заданных условиях. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами. В конце пояснительной записи обязательно должен находиться раздел "заключение", содержащий график зависимости доли покрытия годовой тепловой нагрузки потребителя от площади	
2.2	Солнечная теплоэнергетика	21		6	-	5	-	-	-	-	-	10	-				
2.3	Фотоэлектрические электростанции	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-				

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – 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. Введение

1.1. Общие вопросы возобновляемой энергетики

Типы НВИЭ. Оценка потенциала энергоресурсов: валовой, технический и экономический потенциал. Место НВИЭ в топливно-энергетическом балансе мира. Наблюдаемые тенденции и прогнозируемые перспективы развития НВИЭ..

2. Солнечная энергетика

2.1. Солнечная радиация

Физические основы радиационного теплообмена. Базовые углы и вычисление солнечной постоянной. Солнечное излучение у поверхности Земли. Долгосрочные характеристики солнечной радиации. Климатические базы данных..

2.2. Солнечная теплоэнергетика

Типы солнечных теплоэнергетических установок. Плоские воздушные коллекторы. Вакуумные коллекторы. Физические основы оптической селективности и виды селективных покрытий. Расчет работы вакуумного солнечного коллектора (мощность, потери, КПД). Типовые схемы солнечного отопления. Расчет схемы солнечного отопления (F-метод). Установки с концентраторами солнечной энергии. Коэффициент концентрации и его предельные значения. Расчет работы солнечного коллектора с параболоцилиндрическим концентратором (мощность, потери, КПД). Виды солнечных электростанций (СЭС) и их характеристики на примере реальных современных объектов. Проблемы эксплуатации и недостатки солнечных теплоэнергетических установок..

2.3. Фотоэлектрические электростанции

Физические основы работы фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Устройство ФЭП. Эффективность работы и характеристики КПД ФЭП. Факторы, влияющие на эффективность ФЭП. Последовательное и параллельное соединение батарей ФЭП. Схема электростанции на базе ФЭП. Характеристики солнечных электростанций на примере реальных современных объектов. Другие сферы применения ФЭП. Проблемы эксплуатации и недостатки ФЭП..

3. Разнообразные НВИЭ

3.1. Энергия ветра

Характеристики воздушных течений в атмосфере Земли. Зависимость скорости ветра от высоты и характера местности. Сила ветра и шкала Бофорта. Статистические характеристики ветровой энергии, распределение Вейбулла. Воздействие воздушного потока на ветроустановку; подъемная сила и сила сопротивления. ВЭУ с вертикальной и горизонтальной осями вращения. Конструкция ВЭУ с горизонтальной осью вращения. Расчет мощности ВЭУ: коэффициент мощности и его максимальное значение, КПД ветроустановки. Типовые схемы электроснабжения с ВЭУ. Характеристики ВЭУ на примере реальных современных объектов. Проблемы эксплуатации и недостатки ВЭУ..

3.2. Гидроэнергетика

Физические принципы преобразования энергии потока воды. Основное оборудование гидроэлектростанций. Малые ГЭС. Расчет мощности и выбор гидротурбины для ГЭС. Гидравлическое аккумулирование электроэнергии. Характеристики крупных и малых

гидроэлектростанций на примере реальных современных объектов. Проблемы эксплуатации и недостатки ГЭС..

3.3. Энергия океана

Виды энергии океана и их энергетический потенциал. Особенности волновой энергетики и конструкции волновых электростанций. Турины конструкции Уэллса. Приливная энергетика: география приливов и конструкции электростанций. Тепловая энергия океана. Схема и принцип работы тепловой океанической электростанции (ОТЭС). Мировой опыт разработки и эксплуатации объектов, использующих энергию океана. Проблемы их эксплуатации..

3.4. Геотермальная энергия

Земля как источник энергии. Понятие температурного градиента и классификация геотермальных районов. География и сферы применения геотермальной энергии. Принципы извлечения геотермальной энергии. Основные свойства сухих скальных пород и водоносных пластов. Типовые схемы геотермальных электростанций. Организация городской системы теплоснабжения (на примере г. Рейкьявик). Схема и принципы работы тепловых насосов. Геотермальная энергетика в России. Характеристики ГЕОТЭС на примере реальных современных объектов. Проблемы эксплуатации и недостатки ГЕОТЭС..

3.5. Энергия биомассы

Понятие биомассы, ее экологичность и возобновляемость. Источники биомассы для энергетических целей. Компонентный состав биомассы. Основные характеристики биомассы: плотность, теплопроводность, теплоемкость, теплота сгорания, температура воспламенения. Технический и элементный анализ, формула Менделеева. Способы представления характеристик топлива. Технологии использования биомассы: сжигание, пиролиз, газификация, сбраживание, гидролиз. Синтетическое жидкое топливо. Проблемы производства и применения биотоплива.

4. Специальные вопросы возобновляемой энергетики

4.1. Аккумулирование энергии

Проблемы аккумулирования энергии в промышленных масштабах. Аккумулирование теплоты: требования к характеристикам аккумуляторов. Виды тепловых аккумуляторов, рабочие вещества и их характеристики. Примеры конструкций тепловых аккумуляторов. Аккумулирование электроэнергии: требования к характеристикам аккумуляторов. Проблема аккумулирования энергии и преобразование электроэнергии в другие виды. Виды электроаккумуляторов и их характеристики (электрохимические, суперконденсаторы, механические, гидравлические и пневматические).

4.2. Водородная энергетика

Водород как топливо и как энергоноситель. Топливные элементы: виды и фундаментальные принципы работы. Сжигание водорода в традиционных энергетических установках (котлы, газовые турбины, ДВС). Водородное аккумулирование..

4.3. Эффективность энергетических комплексов

Понятия централизованной, распределенной и автономной энергетики. Понятие гибридного энергетического комплекса. Критерии эффективности энергетических комплексов (энергетические, экономические, экологические). Проблема экологичности и безопасности НВИЭ. Принципы оптимизации состава оборудования и режимов работы

энергетических комплексов на базе ВИЭ, а также гибридных энергетических комплексов. Концепция умной энергосети. Концепция виртуальной электростанции..

3.3. Темы практических занятий

1. Аккумулирование энергии. КМ №4.;
2. Энергетический потенциал. Гидроэнергетика, энергия биомассы, геотермальная энергия, энергия океана.;
3. Фотоэлектрические электростанции. Ветроэнергетические установки.;
4. Тепловые процессы в солнечных установках. КМ №2.;
5. Тепловые процессы в солнечных установках.;
6. Методика расчета солнечных систем теплоснабжения. Тепловые нагрузки. КМ №1.;
7. Инсоляция наклонной площадки.;
8. Введение в солнечную энергетику. Базовые углы и координаты..

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Выдача исходных данных на расчетное задание. Объяснение этапов и принципов выполнения расчетного задания, а также принципов использования климатической базы данных NASA.

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Проверка промежуточных результатов расчетов, а также понимания и умения трактовать полученные результаты.

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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		
Знать:							
Теоретические основы использования энергии Солнца.	ИД-5ОПК-3		+			Контрольная работа/Солнечная радиация	
Теоретические основы использования энергии ветра, рек, приливов, геотермальной энергия, тепловой энергии океана.	ИД-5ОПК-3	+		+	+	Контрольная работа/Различные НВИЭ	
Конструкции и характеристики типового оборудования, а также типовые схемные решения, применяемые в системах энергоснабжения на базе различных НВИЭ.	ИД-2ОПК-4			+	+	Контрольная работа/Различные НВИЭ	
Конструкции и характеристики типового оборудования, а также типовые схемные решения, применяемые в солнечных энергетических системах.	ИД-2ОПК-4		+			Контрольная работа/Солнечные энергетические установки	
Уметь:							
Оценивать энергетический потенциал ветра, малых рек, приливов, тепловой энергии земли и океана по ключевым параметрам.	ИД-2ОПК-4			+		Контрольная работа/Различные НВИЭ	
Определять рабочие параметры оборудования и систем на базе НВИЭ, анализировать эффективность этих систем.	ИД-3ОПК-4		+			Контрольная работа/Солнечные энергетические установки	
Рассчитывать приход солнечной радиации на поверхность Земли для заданных координат и периодов.	ИД-3ОПК-4		+			Контрольная работа/Солнечная радиация	
Выполнять расчеты, связанные с проектированием установок и систем на базе НВИЭ.	ИД-3ОПК-4		+		+	Расчетно-графическая работа/Расчет системы солнечного теплоснабжения	

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Расчет системы солнечного теплоснабжения (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Различные НВИЭ (Контрольная работа)
2. Солнечная радиация (Контрольная работа)
3. Солнечные энергетические установки (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №5)

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 5 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Роза, А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы : пер. с англ. / А. Роза . – Долгопрудный : Интеллект ; М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 704 с. - ISBN 978-5-91059-054-9 .;
2. Даффи, Д. Основы солнечной теплоэнергетики : [учебно-справочное руководство] : пер. с англ. / Д. Даффи, У. Бекман . – Долгопрудный : Интеллект, 2013 . – 888 с. - ISBN 978-5-91559-141-6 .;
3. Баранов, Н. Н. Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" специальности "Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии" / Н. Н. Баранов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 384 с. - ISBN 978-5-383-00651-1 .
<http://elib.mpei.ru/elibrary/view.php?id=4246>;
4. Алхасов А.Б.- "Возобновляемые источники энергии", Издательство: "МЭИ", Москва, 2016
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011652.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

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

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
3. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	B-308, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, трибуна, доска меловая, микрофон, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, техническая аппаратура, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	A-302, Учебная аудитория "А"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	A-302, Учебная аудитория "А"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	B-209/2, Кабинет сотрудников каф. "TOT"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	B-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "TOT"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии**

(название дисциплины)

5 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Солнечная радиация (Контрольная работа)
 КМ-2 Солнечные энергетические установки (Контрольная работа)
 КМ-3 Расчет системы солнечного теплоснабжения (Расчетно-графическая работа)
 КМ-4 Различные НВИЭ (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	KM-1	KM-2	KM-3	KM-4
		Неделя КМ:	4	12	14	16
1	Введение					
1.1	Общие вопросы возобновляемой энергетики					+
2	Солнечная энергетика					
2.1	Солнечная радиация	+	+			
2.2	Солнечная теплоэнергетика		+	+		
2.3	Фотоэлектрические электростанции		+			
3	Разнообразные НВИЭ					
3.1	Энергия ветра					+
3.2	Гидроэнергетика					+
3.3	Энергия океана					+
3.4	Геотермальная энергия					+
3.5	Энергия биомассы					+
4	Специальные вопросы возобновляемой энергетики					
4.1	Аккумулирование энергии					+
4.2	Водородная энергетика					+

4.3	Эффективность энергетических комплексов			+	
	Вес KM, %:	25	25	30	20