

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОЛОГИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.15
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	8 семестр - 14 часов;
Практические занятия	8 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	8 семестр - 43,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	8 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дуников Д.О.
	Идентификатор	R5400edb9-DunikovDO-1844af7f

(подпись)

Д.О. Дуников

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение физических основ новых и возобновляемых источников энергии, приобретение практических навыков по расчету и применению энергоустановок, использующих возобновляемые источники энергии.

Задачи дисциплины

- изучение принципа действия и основных характеристик преобразователей солнечной энергии в электрическую и тепловую энергию;
- приобретение навыков расчета и выбора фотоэлектрических преобразователей и вспомогательной аппаратуры для создания солнечных энергоустановок;
- изучение принципа действия и основных характеристик ветровых и геотермальных энергоустановок, изучение принципов использования энергии биомассы и гидравлической энергии (за исключением традиционных ГЭС);
- освоение методов измерения и измерительной техники, применяемых в экспериментальных установках;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при последующем конструировании элементов энергоустановок на основе возобновляемых и альтернативных энергетических источников.

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 участию в лабораторном и численном эксперименте, обработке опытных данных	ИД-4 _{ПК-3} Знает принцип действия и основные характеристики энергоустановок на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии	знать: - физико-технические основы создания энергетических установок возобновляемой и альтернативной энергетики; - физико-технические основы преобразования энергии в возобновляемой и альтернативной энергетике. уметь: - самостоятельно разбираться в физических принципах действия ветровых и геотермальных энергоустановок, осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о возобновляемой и альтернативной энергетике.; - самостоятельно разбираться в физических принципах действия солнечных энергоустановок, осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о солнечной энергетике..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки

14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные законы электрических и магнитных явлений, основы оптики
- знать основные законы термодинамики и условия их применения
- уметь анализировать различного рода рассуждения, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику
- уметь выбирать методы измерения требуемых характеристик в зависимости от конкретных условий
- уметь применять полученные знания для расчета основных характеристик термодинамических процессов и циклов

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 2 зачетных единицы, 72 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	ВИЭ, основные понятия, солнечная энергетика	31	8	8	-	8	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение методов расчета положения солнца на небе, излучения на приемник и характеристик солнечной энергоустановки</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к тесту "Тенденции развития энергетике, ресурсы возобновляемых источников энергии" и контрольной работе "Солнечная энергетика"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Углубленное изучение физических основ полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей, изучение теплопереноса в солнечных коллекторах</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 550-570 [3], 21-40</p>
1.1	Основные определения	3		1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Солнечная энергетика: солнечное излучение на приемник	5		1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
1.3	Фотоэлектричество: полупроводники	2		1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
1.4	Фотоэлектричество: солнечный элемент	5		1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
1.5	Фотоэлектричество: кремниевые СЭ	3		1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.6	Фотоэлектричество: прочие виды СЭ	3		1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.7	Фотоэлектричество: солнечные энергоустановки	5		1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
1.8	Солнечная теплоэнергетика	5		1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2	Ветровая, геотермальная и биоэнергетика. Прочие ВИЭ	23	8	6	-	6	-	-	-	-	-	11	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение методов расчета энергии ветрового потока, изучение методов расчета термодинамических циклов</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u></p>
2.1	Физико-технические	3		1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	

	основы ветроэнергетики												подготовка к контрольной работе "Ветроэнергетика", подготовка к тесту "Прочие ВИЭ"
2.2	Ветроустановки	5	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Аэродинамика ветроколеса, термодинамические циклы геотермальных установок и биоэнергетических установок</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 243-266 [4], 9-32</p>
2.3	Геотермальная энергетика: основные принципы	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.4	Геотермальная энергетика: схемы установок и методы расчета циклов	5	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2.5	Биоэнергетика	5	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2.6	Прочие виды ВИЭ. Подведение итогов	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	72.0	14	-	14	-	-	-	-	0.3	26	17.7	
	Итого за семестр	72.0	14	-	14	-	-	-	-	0.3	43.7		

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. ВИЭ, основные понятия, солнечная энергетика

1.1. Основные определения

Энергия и энергетика, основные определения. Энергетический баланс Земли. понятие энергетических ресурсов. ВИЭ, потенциалы ВИЭ. Изменение климата и ВИЭ. Основные тенденции развития мировой и российской энергетики.

1.2. Солнечная энергетика: солнечное излучение на приемник

Солнечное излучение: основные определения. Расчет положения солнца на небе. Солнечный спектр. Пиранометры. Методика расчета солнечного излучения на приемник. Атмосферная масса, индекс ясности. Метеорологические данные, базы данных. Излучение на горизонтальную и наклонную поверхности.

1.3. Фотоэлектричество: полупроводники

Классификация материалов по электропроводности, полупроводники, типы полупроводников. Возбуждение зарядов. Энергия Ферми. Допирование полупроводников. Виды проводимости. Механизмы движения зарядов. Возбуждение и рекомбинация зарядов. Время жизни зарядов. P-n переход. Принцип действия полупроводникового фотоэлектрического преобразователя.

1.4. Фотоэлектричество: солнечный элемент

Физические принципы работы фотоэлектрического солнечного элемента. Вольт-амперная характеристика идеального солнечного элемента. Потери в ячейке, КПД. Основы конструкции ячейки СЭ. Пример испытаний ячейки.

1.5. Фотоэлектричество: кремниевые СЭ

Кремниевые солнечные элементы. Классификация. Производство кремниевых пластин. Конструкции типичных и перспективных кремниевых солнечных элементов: моно- и мультикристаллические, гетероструктуры, тонкопленочные кремниевые солнечные элементы. Пути достижения максимального КПД.

1.6. Фотоэлектричество: прочие виды СЭ

Солнечные элементы на переходе III-V. Ячейка на тройном переходе. Многопереходные тонкопленочные элементы. Перспективы развития солнечных элементов.

1.7. Фотоэлектричество: солнечные энергоустановки

Принципы создания солнечных модулей и батарей солнечных элементов. Определение точки максимальной мощности. Солнечная энергоустановка киловаттного класса мощности. Пример расчета параметров солнечной энергоустановки.

1.8. Солнечная теплоэнергетика

Типы солнечных коллекторов. КПД солнечных коллекторов. Системы солнечного теплоснабжения. Солнечные тепловые электростанции. Пассивные системы солнечного теплоснабжения, солнечные охладители, солнечные опреснители и другие технологии. Перспективы развития солнечной энергетики, место в солнечной энергетике в энергетических системах России и мира.

2. Ветровая, геотермальная и биоэнергетика. Прочие ВИЭ

2.1. Физико-технические основы ветроэнергетики

Циркуляция атмосферы, потенциалы ветра. Метеорологические данные и базы данных. Основные понятия аэродинамики лопасти ветроколеса. Закон Беца. Коэффициент мощности.

2.2. Ветроустановки

Основные понятия конструкции ветроустановок. Типы ветрогенераторов. Механические аспекты, электрическая часть. Размещение. Экологические и экономические аспекты применения ветроустановок. Перспективы развития ветроэнергетики. Место ветроэнергетики и в энергетических системах России и мира.

2.3. Геотермальная энергетика: основные принципы

Геотермальные ресурсы. Основные понятия, терминология. Принципы построения геотермальных станций. Основные типы геотермальных станций.

2.4. Геотермальная энергетика: схемы установок и методы расчета циклов

ГеоЭС на сухом паре. Основные термодинамические циклы геотермальных станций. ГеоЭС с одним давлением испарения. ГеоЭС с двумя и более давлениями испарения. Комбинированные и перспективные виды геотермальных установок. Перспективы развития геотермальной энергетики в России и мире.

2.5. Биоэнергетика

Основные понятия, традиционная и нетрадиционная биоэнергетика. Ресурсы биомассы, сбор, транспортировка, подготовка. Сжигание биомассы и методы получения теплоты. Биомасса: термохимические методы переработки. Биомасса: биологические методы переработки. Перспективы развития биоэнергетики в России и мире.

2.6. Прочие виды ВИЭ. Подведение итогов

Малая гидроэнергетика, основные понятия, потенциал малой гидроэнергетики, отличия от крупных ГЭС. Конструкции малых гидроагрегатов. Энергия океанов: энергия волн, приливов и течений, использование градиента температуры и солености морских вод. Прочие виды возобновляемых энергетических источников. Трансформация мировой энергетики, концепция устойчивого развития, место возобновляемой энергетики в трансформации мировой энергетики. Обобщение и основные выводы по изученному материалу.

3.3. Темы практических занятий

1. Биомасса: термохимические методы переработки;
2. Принципы построения геотермальных станций;
3. Ветроэнергетика: аэродинамика ветрогенераторов. Закон Беца;
4. Тепломассообмен в солнечных коллекторах. КПД солнечных коллекторов;
5. КПД ячейки солнечного элемента, пример испытаний ячейки. Вольт-амперная характеристика идеального солнечного элемента;
6. Полупроводники: Виды проводимости. Механизмы движения зарядов. Возбуждение и рекомбинация зарядов. Время жизни зарядов;
7. Солнечное излучение: расчет положения солнца на небе, солнечный спектр, излучение на приемник.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

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	
Знать:				
физико-технические основы преобразования энергии в возобновляемой и альтернативной энергетике	ИД-4ПК-3	+		Тестирование/Традиционная и нетрадиционная энергетика, ВИЭ
физико-технические основы создания энергетических установок возобновляемой и альтернативной энергетике	ИД-4ПК-3	+		Контрольная работа/Солнечная энергетика
Уметь:				
самостоятельно разбираться в физических принципах действия солнечных энергоустановок, осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о солнечной энергетике.	ИД-4ПК-3		+	Тестирование/Геотермальная энергетика и прочие ВИЭ
самостоятельно разбираться в физических принципах действия ветровых и геотермальных энергоустановок, осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о возобновляемой и альтернативной энергетике.	ИД-4ПК-3		+	Контрольная работа/Ветроэнергетика

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Ветроэнергетика (Контрольная работа)
2. Солнечная энергетика (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Геотермальная энергетика и прочие ВИЭ (Тестирование)
2. Традиционная и нетрадиционная энергетика, ВИЭ (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

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 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Попель, О. С. Возобновляемая энергетика в современном мире : учебное пособие / О. С. Попель, В. Е. Фортов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2015 . – 450 с. - ISBN 978-5-383-00959-8 .;
2. 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 .;
3. 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 .;
4. А. Б. Алхасов- "Возобновляемая энергетика", Издательство: "Физматлит", Москва, 2010 - (256 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82940>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

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

1. База данных **Web of Science** - <http://webofscience.com/>
2. База данных **Scopus** - <http://www.scopus.com>
3. 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	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-404, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Технологии возобновляемых и альтернативных источников энергии**

(название дисциплины)

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

КМ-1 Традиционная и нетрадиционная энергетика, ВИЭ (Тестирование)

КМ-2 Солнечная энергетика (Контрольная работа)

КМ-3 Ветроэнергетика (Контрольная работа)

КМ-4 Геотермальная энергетика и прочие ВИЭ (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	ВИЭ, основные понятия, солнечная энергетика					
1.1	Основные определения		+			
1.2	Солнечная энергетика: солнечное излучение на приемник		+			
1.3	Фотоэлектричество: полупроводники			+		
1.4	Фотоэлектричество: солнечный элемент			+		
1.5	Фотоэлектричество: кремниевые СЭ			+		
1.6	Фотоэлектричество: прочие виды СЭ			+		
1.7	Фотоэлектричество: солнечные энергоустановки			+		
1.8	Солнечная теплоэнергетика			+		
2	Ветровая, геотермальная и биоэнергетика. Прочие ВИЭ					
2.1	Физико-технические основы ветроэнергетики				+	
2.2	Ветроустановки				+	
2.3	Геотермальная энергетика: основные принципы				+	
2.4	Геотермальная энергетика: схемы установок и методы расчета циклов				+	
2.5	Биоэнергетика					+

2.6	Прочие виды ВИЭ. Подведение итогов				+
	Вес КМ, %:	10	40	30	20