

**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 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

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

Д.О. Дуников


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель образовательной программы

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

А.В. Дедов

Заведующий выпускающей кафедрой

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

А.В. Дедов

## 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-2 Способен к участию в лабораторном и численном эксперименте, обработке опытных данных	ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Знает принцип действия и основные характеристики энергоустановок на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии	знать: - физико-технические основы преобразования энергии в возобновляемой и альтернативной энергетике; - физико-технические основы создания энергетических установок 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><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение методов расчета положения солнца на небе, излучения на приемник и характеристик солнечной энергоустановки</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к тесту "Тенденции развития энергетике, ресурсы возобновляемых источников энергии" и контрольной работе "Солнечная энергетика"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Углубленное изучение физических основ полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей, изучение теплопереноса в солнечных коллекторах</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение методов расчета энергии ветрового потока, изучение методов расчета термодинамических циклов</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b></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><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Аэродинамика ветроколеса, термодинамические циклы геотермальных установок и биоэнергетических установок</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></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	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>26</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>43.7</b>		

**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 энергетике 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 энергетике, концепция устойчивого развития, место возобновляемой энергетике в трансформации мировой энергетике. 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	
<b>Знать:</b>				
физико-технические основы создания энергетических установок возобновляемой и альтернативной энергетики	ИД-4ПК-2	+		Контрольная работа/Солнечная энергетика
физико-технические основы преобразования энергии в возобновляемой и альтернативной энергетике	ИД-4ПК-2	+		Тестирование/Традиционная и нетрадиционная энергетика, ВИЭ
<b>Уметь:</b>				
самостоятельно разбираться в физических принципах действия солнечных энергоустановок, осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о солнечной энергетике.	ИД-4ПК-2		+	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-2		+	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. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 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