

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ОСНОВЕ ВИЭ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.10</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>4 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>4 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>4 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>4 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4 семестр - 79,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>4 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пугачев Р.В.
	Идентификатор	Rf46e5256-PugachevRV-eb46307e

Р.В. Пугачев

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Васьков А.Г.
	Идентификатор	R1c6ebe0f-VaskovAG-eb5ccd67

А.Г. Васьков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шестопалова Т.А.
	Идентификатор	Rca486bb1-ShestopalovaTA-2b9205

Т.А.  
Шестопалова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение теоретических и практических вопросов в области использования энергетических установок на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ)

### Задачи дисциплины

- изучение физической природы гидро-, ветро-, солнечных ресурсов и особенностей их использования;
- освоение методов расчета валового и технического потенциала гидро-, ветро- и солнечных ресурсов;
- изучение основных типов энергетических установок на базе гидро-, ветро- и солнечных ресурсов, их элементов, принципиального устройства, основных энергетических характеристик.

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 применять знание характеристик и особенностей электроэнергетических систем, способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знание основных характеристик и особенностей электроэнергетических систем, способов производства, передачи, распределения электроэнергии и электроснабжения потребителей	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные виды ВИЭ и особенности их использования;</li><li>- назначение, классификацию и физические основы работы основного энергетического оборудования генерирующих установок на базе солнечных ресурсов;</li><li>- назначение, классификацию и физические основы работы основного энергетического оборудования генерирующих установок на базе гидроресурсов;</li><li>- назначение, классификацию и физические основы работы основного энергетического оборудования генерирующих установок на базе ветровых ресурсов.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- выполнять расчеты по определению основных категорий потенциала солнечных ресурсов;</li><li>- выполнять расчеты по определению основных категорий потенциала гидроресурсов;</li><li>- выполнять расчеты по определению основных категорий потенциала ветровых ресурсов;</li><li>- анализировать режимы работы в энергосистеме установок на базе ВИЭ.</li></ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии (далее – ОПОП), направления

подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 4 зачетных единицы, 144 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	Основные виды ВИЭ и особенности их использования	28	4	4	2	2	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 4-25 [2], 10-19,39-41, 71-75 [3], 52-57 [4], 11-36	
1.1	Основные виды ВИЭ и особенности их использования	28		4	2	2	-	-	-	-	-	20	-		
2	Гидроэнергетика	48		12	6	10	-	-	-	-	-	20	-		<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 10-38 [5], 3-18
2.1	Гидроэнергетика	48		12	6	10	-	-	-	-	-	20	-		
3	Солнечная энергетика	34		8	4	2	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 100-136, 139-170, 183-197, 251-259	
3.1	Солнечная энергетика	34		8	4	2	-	-	-	-	-	20	-		
4	Ветроэнергетика	33.7		8	4	2	-	-	-	-	-	19.7	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 66-94, 258-290 [2], 39-65 [4], 47-67, 292-321, 325-353	
4.1	Ветроэнергетика	33.7		8	4	2	-	-	-	-	-	19.7	-		
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>79.7</b>	<b>-</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>79.7</b>	<b>-</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. Основные виды ВИЭ и особенности их использования

#### 1.1. Основные виды ВИЭ и особенности их использования

Основные понятия и определения. Классификация источников энергии. Классификация возобновляемых источников энергии. Сравнение ВИЭ с традиционными источниками энергии. Категории потенциалов ВИЭ. Место и значение ВИЭ в современном топливно-энергетическом комплексе мира и России. Экономические аспекты ВИЭ. Технические особенности использования ВИЭ в системах централизованного и децентрализованного энергоснабжения. Подход к проектированию систем децентрализованного энергоснабжения. Современное информационное обеспечение для оценки ресурсов ВИЭ. Использование ВИЭ в условиях России. Графики электрической нагрузки. Суточные, недельные и годовые графики нагрузки. Роль ГЭС и ГАЭС в формировании и функционировании ЕЭС России.

### 2. Гидроэнергетика

#### 2.1. Гидроэнергетика

Основные понятия и определения гидроэнергетики (ГЭ). Современное состояние и перспективы развития ГЭ в мире и России. Основные свойства водных ресурсов. Основные отличия малой гидроэнергетики (МГЭ) от традиционной. Напор, расход и мощность участка реки. Экологические и экономические аспекты ГЭ. Категории потенциалов ГЭ. Параметры речного стока. Теоретические и эмпирические кривые обеспеченности, и методы их построения. Гидрологические прогнозы. Назначения водохранилищ. Параметры водохранилищ. Характеристики верхнего и нижнего бьефов водохранилищ. Потери воды из водохранилищ. Классификация ГЭС. Состав и компоновка ГЭС по схеме создания напора (плотинная и деривационная схема концентрации напора). Конструктивные особенности ГЭС. Плотины их назначение и конструкции. Здания ГЭС. Особенности конструкций зданий ГЭС. Проточный тракт ГЭС. Режим работы и оборудование гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), приливных гидроэлектростанции, микроГЭС. Мощность и энергия гидроэлектростанции. Особенности выбора отметки НПУ и установленной мощности ГЭС. Задачи регулирования речного стока водохранилищами ГЭС. Виды регулирования стока. Суточное, недельное, сезонное, годовое и многолетнее регулирование стока. Каскады ГЭС. Гидроагрегат ГЭС. Конструкции гидрогенераторов. Конструкции гидротурбин. Управление агрегатами ГЭС. Режимы работы гидроагрегатов в энергосистеме. Генераторный режим. Режим синхронного компенсатора и двигательный режим. Пуск гидроагрегата. Регулирование нагрузки гидроагрегата. Останов гидроагрегата.

### 3. Солнечная энергетика

#### 3.1. Солнечная энергетика

Основные понятия и определения солнечной энергетике. Современное состояние и перспективы развития солнечной энергетике в мире и России. Потери солнечного излучения (СИ). Спектр СИ. Основные составляющие СИ на Земле. Основные показатели СИ. Основные переменные СИ и методы их расчета. Геометрия приемной площадки и Солнца. Информационно-методическое обеспечение по расчету солнечной радиации. Основные формы преобразования энергии Солнца. Ресурсы солнечной энергии России. Физические основы солнечной фотоэнергетики. Основные энергетические характеристики солнечного элемента (СЭ). Технологии и материалы СЭ. Устройство солнечной фотоэлектрической системы (СФЭС). Энергетические характеристики СФЭС. Концентраторы СИ. СФЭС в централизованных и децентрализованных энергетических системах. Солнечные тепловые электростанции. Солнечные коллекторы (СК) и схемы их применения.

## 4. Ветроэнергетика

### 4.1. Ветроэнергетика

Основные понятия и определения ветроэнергетики (ВЭ). Современное состояние и перспективы развития ВЭ в мире и России. Информационное обеспечение по ветровым ресурсам. Основные влияющие факторы на формирование ветра в приземном слое атмосферы. Основные климатические характеристики ветра. Дифференциальные и теоретические повторяемости скорости ветра. Энергетические характеристики ветра. Классификация ветроэнергетических установок (ВЭУ). ВЭУ с горизонтальной и вертикальной осью вращения (принцип работы; назначение основных компонентов; преимущества и недостатки). Энергетические характеристики и показатели ВЭУ, а также методы их расчета. Особенности выбора параметров ВЭУ, работающих в централизованных и децентрализованных системах энергоснабжения.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Определение параметров кривой обеспеченности годового стока;
2. Расчет валового и технического потенциала ветровой энергетики;
3. Расчет валового и технического потенциала солнечной энергетики;
4. Расчет валового и технического потенциала малой гидроэнергетики;
5. Баланс воды в водохранилище годового регулирования стока. Баланс мощностей энергосистемы с гидроэлектростанциями;
6. Построение суточных и годовых графиков нагрузки энергосистемы. Построение интегральной кривой нагрузки энергосистемы (ИКН).

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование режимов сработки-наполнения водохранилища ГЭС;
2. Суточный режима работы ГЭС в суточном графике нагрузки ЭЭС;
3. Расчет и построение напорных и энергетических характеристик ГЭС;
4. Управление гидроагрегатами ГЭС;
5. Исследование характеристик фотоэлектрического преобразователя энергии;
6. Исследование режимов работы ВЭУ в электрической сети.

### 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	3	4	
<b>Знать:</b>						
назначение, классификацию и физические основы работы основного энергетического оборудования генерирующих установок на базе ветровых ресурсов	ИД-1 <sub>ПК-3</sub>				+	Расчетно-графическая работа/КМ-6 "Ветроэнергетика"
назначение, классификацию и физические основы работы основного энергетического оборудования генерирующих установок на базе гидроресурсов	ИД-1 <sub>ПК-3</sub>		+			Расчетно-графическая работа/КМ-2 "Кривая обеспеченности и напорные характеристики станции" Расчетно-графическая работа/КМ-3 «Баланс воды в водохранилище годового регулирования стока» Расчетно-графическая работа/КМ -4 «Расчет валового и технического потенциала малой гидроэнергетики»
назначение, классификацию и физические основы работы основного энергетического оборудования генерирующих установок на базе солнечных ресурсов	ИД-1 <sub>ПК-3</sub>				+	Расчетно-графическая работа/КМ-5 "Солнечная энергетика"
основные виды ВИЭ и особенности их использования	ИД-1 <sub>ПК-3</sub>	+				Расчетно-графическая работа/КМ-1 "Графики суточной нагрузки и ИКН"
<b>Уметь:</b>						
анализировать режимы работы в энергосистеме установок на базе ВИЭ	ИД-1 <sub>ПК-3</sub>	+				Расчетно-графическая работа/КМ-1 "Графики суточной нагрузки и ИКН"
выполнять расчеты по определению основных категорий потенциала ветровых ресурсов	ИД-1 <sub>ПК-3</sub>				+	Расчетно-графическая работа/КМ-6 "Ветроэнергетика"
выполнять расчеты по определению основных категорий потенциала гидроресурсов	ИД-1 <sub>ПК-3</sub>		+			Расчетно-графическая работа/КМ-2 "Кривая обеспеченности и напорные характеристики"

					станции" Расчетно-графическая работа/КМ-3 «Баланс воды в водохранилище годового регулирования стока» Расчетно-графическая работа/КМ -4 «Расчет валового и технического потенциала малой гидроэнергетики»
выполнять расчеты по определению основных категорий потенциала солнечных ресурсов	ИД-1пк-3			+	Расчетно-графическая работа/КМ-5 "Солнечная энергетика"

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**4 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ -4 «Расчет валового и технического потенциала малой гидроэнергетики» (Расчетно-графическая работа)
2. КМ-1 "Графики суточной нагрузки и ИКН" (Расчетно-графическая работа)
3. КМ-2 "Кривая обеспеченности и напорные характеристики станции" (Расчетно-графическая работа)
4. КМ-3 «Баланс воды в водохранилище годового регулирования стока» (Расчетно-графическая работа)
5. КМ-5 "Солнечная энергетика" (Расчетно-графическая работа)
6. КМ-6 "Ветроэнергетика" (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Зачет с оценкой (Семестр №4)

Зачет выставляется по совокупности оценок в БАРС

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. П. П. Безруких- "Ветроэнергетика. Справочное и методическое пособие.", Издательство: "Энергия", Москва, 2010 - (315 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=58344>;
2. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" / А. А. Бурмистров, В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, [и др.] ; Ред. В. И. Виссарионов . – 2-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 144 с. - ISBN 978-5-383-00426-5 .;
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. Ветроэнергетика : учебное пособие по курсам "Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики", "Физические основы использования возобновляемых источников энергии" и др. / А. Г. Васьков, Г. В. Дерюгина, Н. К. Малинин, Р. В. Пугачев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 384 с. - ISBN 978-5-7046-1765-5 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8650>;
5. Малинин, Н. К. Сборник задач по курсу "Теоретические основы гидроэнергетики": Расчеты водноэнергетических режимов ГЭС и ГАЭС / Н. К. Малинин ; Ред. М. Г. Тягунов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М., 1985 . – 80 с..

## 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. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](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/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-300, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, трибуна, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, техническая аппаратура, телевизор
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Г-204а, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, стол для совещаний, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Г-204, Учебная лаборатория "Возобновляемые источники энергии"	стол учебный, стул, трибуна, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, указка лазерная, лабораторный стенд, ноутбук, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-204, Учебная лаборатория "Возобновляемые источники энергии"	стол учебный, стул, трибуна, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, указка лазерная, лабораторный стенд, ноутбук, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Г-206, Аспирантская кафедры "ГВИЭ"	кресло рабочее, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Г-225, Кладовая кафедры "ГВИЭ"	стеллаж для хранения инвентаря, стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, наборы демонстрационного

		оборудования, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, запасные комплектующие для оборудования, сменные запчасти для ЭВМ
--	--	---

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Электростанции на основе ВИЭ

(название дисциплины)

#### 4 семестр

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

- КМ-1 КМ-1 "Графики суточной нагрузки и ИКН" (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-2 КМ-2 "Кривая обеспеченности и напорные характеристики станции" (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-3 КМ-3 «Баланс воды в водохранилище годового регулирования стока» (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-4 КМ-4 «Расчет валового и технического потенциала малой гидроэнергетики» (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-5 КМ-5 "Солнечная энергетика" (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-6 КМ-6 "Ветроэнергетика" (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	14
1	Основные виды ВИЭ и особенности их использования							
1.1	Основные виды ВИЭ и особенности их использования		+					
2	Гидроэнергетика							
2.1	Гидроэнергетика			+	+	+		
3	Солнечная энергетика							
3.1	Солнечная энергетика						+	
4	Ветроэнергетика							
4.1	Ветроэнергетика							+
Вес КМ, %:			16	16	20	16	16	16