

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
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

| | |
|-----------------------------------|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.14 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 5 семестр - 6; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 216 часов |
| Лекции | 5 семестр - 48 часа; |
| Практические занятия | 5 семестр - 48 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 5 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 5 семестр - 117,5 часов; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: | |
| Контрольная работа | |
| Расчетно-графическая работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 5 семестр - 0,5 часа; |

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Шуркалов П.С. |
| | Идентификатор | R8cc5752e-ShurkalovPS-7e7133e9 |

П.С. Шуркалов

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: Знакомство с основными видами возобновляемых источников энергии (ВИЭ), изучение факторов формирования и физических основ использования ВИЭ, получение необходимых знаний и навыков для проведения гидрометеорологических расчетов

Задачи дисциплины

- Освоение современной классификации энергетических ресурсов;
- Получение знаний о факторах формирования возобновляемых источников энергии;
- Получение знаний о физических основах использования возобновляемых источников энергии;
- Приобретение знаний и навыков использования методов гидрометеорологических расчетов при обосновании расчетных параметров для проектирования и эксплуатации энергетических объектов на основе возобновляемых источников энергии.

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-4 Способен принимать участие в проектировании объектов гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии | ИД-1ПК-4 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, сопоставляет конкурентно-способные варианты технических решений | знать: - физические основы использования ВИЭ; - факторы формирования основных видов ВИЭ; - основные методы метеорологических и гидрологических расчетов. уметь: - применять методы гидрологических расчетов для определения расчетных параметров речного стока; - применять метеорологические методы для проведения гелиоэнергетических расчетов; - применять метеорологические методы для проведения ветроэнергетических расчетов; - выбирать расчетный год для проведения гидроэнергетических расчетов; - анализировать и рассчитывать метеорологические элементы и параметры речного стока. |

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 6 зачетных единиц, 216 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 | Ресурсы гидроэнергетики | 116 | 5 | 28 | - | 28 | - | - | - | - | - | 60 | - | <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 1-52 [4], 1-80 [5], 1-56 [6], 1-512 [7], 1-530</p> |
| 1.1 | Предмет и задачи метеорологии | 24 | | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| 1.2 | Основы гидрографии рек, параметры речного стока, факторы формирования речного стока | 24 | | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| 1.3 | Основы гидрометрии. Гидрологические расчеты. Статистические характеристики речного стока, корреляционная связь | 24 | | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| 1.4 | Гидрологические прогнозы. Максимальные и минимальные расходы воды | 20 | | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| 1.5 | Водоохранилища, их типы, назначение и основные характеристики | 24 | | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| 2 | Ресурсы солнечной энергетики | 32 | | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | 12 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|--------------|-----------|---|-----------|---|----------|---|---|------------|-----------|--------------|---|
| 2.1 | Солнечная радиация | 32 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | 12 | - | [2], 1-276 |
| 3 | Ресурсы ветроэнергетики | 32 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | 12 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> |
| 3.1 | Атмосфера, ее состав и строение. Воздушные течения в атмосфере | 32 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | 12 | - | [3], 1-384 |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 216.0 | 48 | - | 48 | - | 2 | - | - | 0.5 | 84 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 216.0 | 48 | - | 48 | | 2 | | - | 0.5 | | 117.5 | |

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. Ресурсы гидроэнергетики

1.1. Предмет и задачи метеорологии

Значение метеорологии для хозяйственной деятельности и связь ее с энергетикой. Основные метеорологические категории и их параметры. Возобновляемые энергоресурсы: гидроресурсы, ветроресурсы, солнечная радиация.

1.2. Основы гидрографии рек, параметры речного стока, факторы формирования речного стока

Речная система. Гидрологическая сеть. Речной бассейн. Типы водосборов и водоразделов. Продольный и поперечный профили реки. Уклон дна реки. Расход стока, объем стока, модуль стока, слой стока, коэффициент стока, норма расхода и объема, модульный коэффициент стока. Климатические, физико-географические и антропогенные факторы формирования речного стока.

1.3. Основы гидрометрии. Гидрологические расчеты. Статистические характеристики речного стока, корреляционная связь

Организация гидрометеорологической службы, гидрометеорологическая сеть. Измерение уровней, скоростей течения и расходов воды. Кривые связи уровней и расходов воды при установившемся и неустановившемся движении воды. Достаточность гидрологической информации. Основные элементы теории вероятностей. Закон распределения вероятностей. Параметры распределения. Теоретическая и эмпирическая кривые обеспеченности. Графики частоты и продолжительности. Интегральная кривая стока. Функциональная и нефункциональная связь между параметрами речного стока. Уравнения регрессии. Коэффициент корреляции.

1.4. Гидрологические прогнозы. Максимальные и минимальные расходы воды

Задачи и классификация гидрологических прогнозов. Оценка достоверности прогнозов. Источники максимальных расходов воды. Расчет максимальных и минимальных расходов при достаточной, недостаточной и отсутствии информации.

1.5. Водоохранилища, их типы, назначение и основные характеристики

Классификация водохранилищ по объему, назначению, способу создания. Кривые связи верхнего и нижнего бьефа. Потери расхода воды из водохранилищ. Срок службы и срок заиления водохранилищ.

2. Ресурсы солнечной энергетики

2.1. Солнечная радиация

Основные законы солнечной радиации. Прямая солнечная радиация. Солнечная постоянная. Спектр солнечной радиации. Влияние атмосферы на солнечную радиацию. Длинноволновое излучение Земли и атмосферы. Приход и расход лучистой энергии.

3. Ресурсы ветроэнергетики

3.1. Атмосфера, ее состав и строение. Воздушные течения в атмосфере

Вертикальная и горизонтальная неоднородность атмосферы. Основные законы атмосферной среды. Основные характеристики ветра. Средние скорости ветра. Суточный и

годовой ход изменения скорости ветра. Приведение среднегодовых скоростей ветра. Максимальные скорости ветра.

3.3. Темы практических занятий

1. Теоретическая и эмпирическая кривые обеспеченности;
2. Основные характеристики ветра;
3. Максимальные и минимальные расходы воды;
4. Статистические характеристики речного стока;
5. Методы корреляционного анализа связи между гидрологическими параметрами;
6. Основные характеристики прихода солнечной радиации;
7. Внутригодовое распределение стока.

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 | 3 | |
| Знать: | | | | | |
| основные методы метеорологических и гидрологических расчетов | ИД-1ПК-4 | + | | | Контрольная работа/Основные виды энергоресурсов Расчетно-графическая работа/РГР1 Ресурсы гидроэнергетики |
| факторы формирования основных видов ВИЭ | ИД-1ПК-4 | + | | | Контрольная работа/Основные виды энергоресурсов Расчетно-графическая работа/РГР1 Ресурсы гидроэнергетики |
| физические основы использования ВИЭ | ИД-1ПК-4 | + | | | Контрольная работа/Основные виды энергоресурсов Расчетно-графическая работа/РГР1 Ресурсы гидроэнергетики |
| Уметь: | | | | | |
| анализировать и рассчитывать метеорологические элементы и параметры речного стока | ИД-1ПК-4 | + | | | Контрольная работа/Основные виды энергоресурсов Расчетно-графическая работа/РГР1 Ресурсы гидроэнергетики |
| выбирать расчетный год для проведения гидроэнергетических расчетов | ИД-1ПК-4 | + | | | Контрольная работа/Основные виды энергоресурсов Расчетно-графическая работа/РГР1 Ресурсы гидроэнергетики |
| применять метеорологические методы для проведения ветроэнергетических расчетов | ИД-1ПК-4 | | | + | Расчетно-графическая работа/РГР5 Ресурсы ветроэнергетики |

| | | | | | |
|--|----------|--|---|--|--|
| | | | | | Контрольная работа/Физические основы использования ВИЭ |
| применять метеорологические методы для проведения гелиоэнергетических расчетов | ИД-1ПК-4 | | + | | Расчетно-графическая работа/РГР4 Ресурсы солнечной энергетики Контрольная работа/Факторы формирования основных видов ВИЭ |
| применять методы гидрологических расчетов для определения расчетных параметров речного стока | ИД-1ПК-4 | | + | | Контрольная работа/Основные виды энергоресурсов Расчетно-графическая работа/РГР1 Ресурсы гидроэнергетики |

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: Письменная работа

1. Основные виды энергоресурсов (Контрольная работа)
2. РГР1 Ресурсы гидроэнергетики (Расчетно-графическая работа)
3. РГР4 Ресурсы солнечной энергетики (Расчетно-графическая работа)
4. РГР5 Ресурсы ветроэнергетики (Расчетно-графическая работа)
5. Факторы формирования основных видов ВИЭ (Контрольная работа)
6. Физические основы использования ВИЭ (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

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. Александровский, А. Ю. Основы метеорологии : Учебное пособие по курсу "Физические основы использования возобновляемых источников энергии" для студентов, обучающихся по направлению "Электроэнергетика" / А. Ю. Александровский, Б. И. Силаев, В. И. Виссарионов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 52 с. : 3.50 .;
2. Солнечная энергетика : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова, Н. К. Малинин ; Ред. В. И. Виссарионов . – 2-е изд., стереотип . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 276 с. - ISBN 978-5-383-00608-5 .;
3. 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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8650>;
4. Александровский, А. Ю. Гидроэнергетические установки : Учебное пособие по курсу "Гидроэнергетические установки" по направлению "Электроэнергетика" / А. Ю. Александровский, Б. И. Силаев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 80 с. - ISBN 5-7046-1161-3 .;
5. Александровский, А. Ю. Инженерная гидрология : Учебное пособие по курсу "Физические основы использования возобновляемых источников энергии" / А. Ю. Александровский, Б. И. Силаев, С. А. Серякова ; Ред. В. И. Виссарионов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 56 с. - ISBN 5-7046-0260-6 : 3.00 .;

6. Гидроэнергетика : Учебник для вузов по специальности "Гидроэлектроэнергетика" / Ред. В. И. Обрезков . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1988 . – 512 с.;
7. А. И. Чеботарев- "Общая гидрология (воды суши)", (2-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Гидрометеиздат", Ленинград, 1975 - (530 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=449995>.

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
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
4. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
5. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
6. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
7. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
8. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
9. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
10. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
11. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
12. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Г-304, Учебная аудитория | парта, стул, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор, экран |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Г-310, Учебная лаборатория "Гидроэнергетика" | стол преподавателя, стол, 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, принтер, кондиционер, книги, учебники, пособия |
| Учебные аудитории для проведения | Г-310, Учебная лаборатория | стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, стол для |

| | | |
|--|--------------------------------------|---|
| промежуточной аттестации | "Гидроэнергетика" | совещаний, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, принтер, кондиционер, книги, учебники, пособия |
| 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 консультирования | Г-209, Преподавательская каф. "ГВИЭ" | стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, ноутбук, кондиционер, книги, учебники, пособия |
| 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

Физические основы использования возобновляемых источников энергии

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основные виды энергоресурсов (Контрольная работа)
- КМ-2 РГР1 Ресурсы гидроэнергетики (Расчетно-графическая работа)
- КМ-3 Факторы формирования основных видов ВИЭ (Контрольная работа)
- КМ-4 РГР4 Ресурсы солнечной энергетики (Расчетно-графическая работа)
- КМ-5 Физические основы использования ВИЭ (Контрольная работа)
- КМ-6 РГР5 Ресурсы ветроэнергетики (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 6 | 8 | 12 | 14 | 16 |
| 1 | Ресурсы гидроэнергетики | | | | | | | |
| 1.1 | Предмет и задачи метеорологии | | + | + | | | | |
| 1.2 | Основы гидрографии рек, параметры речного стока, факторы формирования речного стока | | + | + | | | | |
| 1.3 | Основы гидрометрии. Гидрологические расчеты. Статистические характеристики речного стока, корреляционная связь | | + | + | | | | |
| 1.4 | Гидрологические прогнозы. Максимальные и минимальные расходы воды | | + | + | | | | |
| 1.5 | Водохранилища, их типы, назначение и основные характеристики | | + | + | | | | |
| 2 | Ресурсы солнечной энергетики | | | | | | | |
| 2.1 | Солнечная радиация | | | | + | + | | |
| 3 | Ресурсы ветроэнергетики | | | | | | | |
| 3.1 | Атмосфера, ее состав и строение. Воздушные течения в атмосфере | | | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 10 | 30 | 10 | 20 | 10 | 20 |