

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЭС

| | |
|--|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.04.02.02 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 1 семестр - 4; 2 семестр - 4; всего - 8 |
| Часов (всего) по учебному плану: | 288 часа |
| Лекции | 1 семестр - 32 часа; 2 семестр - 32 часа; всего - 64 часа |
| Практические занятия | 1 семестр - 16 часов; |
| Лабораторные работы | 1 семестр - 16 часов; |
| Консультации | 1 семестр - 2 часа; 2 семестр - 34 часа; всего - 36 часа |
| Самостоятельная работа | 1 семестр - 77,5 часа; 2 семестр - 73,2 часа; всего - 150,7 часа |
| в том числе на КП/КР | 2 семестр - 31,7 часа; |
| Иная контактная работа | 2 семестр - 4 часа; |
| включая: Тестирование Контрольная работа Лабораторная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 1 семестр - 0,5 часа; |
| Защита курсового проекта | 2 семестр - 0,3 часа; |
| Экзамен | 2 семестр - 0,5 часа; |
| | всего - 1,3 часа |

Москва 2026

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Дерюгина Г.В. |
| | Идентификатор | R8f4eb308-DeruginaGV-abfb24a1 |

Г.В. Дерюгина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Тягунов М.Г. |
| | Идентификатор | R806ed17c-TiagunovMG-84c3458f |

М.Г. Тягунов

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: освоение теоретических и практических вопросов в области эксплуатации, проектирования и строительства ветроэлектрических установок (ВЭУ) и ветроэлектрических станций (ВЭС).

Задачи дисциплины

- изучение основных типов ветровых энергетических установок и особенностей их работы в различных энергосистемах;
- изучение основ эксплуатации ВЭС;
- изучение основ проектирования ВЭС;
- изучение основ строительства ВЭС;
- освоение методов расчета режимов работы ВЭС в различных энергосистемах.

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 участвовать в проведении планирования и ведения режима работы энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии | ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации | знать: - способы и средства решения задач проектирования ВЭС; - методы моделирования переходных процессов в ВЭС. уметь: - выполнять расчеты режимов работы ВЭС для электроснабжения различных потребителей с учетом различных факторов. |
| ПК-2 Способен участвовать в проведении планирования и ведения режима работы энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии | ИД-2 _{ПК-2} Осуществляет планирование и ведение режима работы энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии | знать: - назначение, классификацию, конструкции и физические основы работы основного энергетического оборудования ВЭС. уметь: - использовать современное отечественное и зарубежное информационное и программное обеспечение по ветровой энергетике. |
| РПК-1 Способен участвовать в проведении научно-исследовательских работ в области (сфере) профессиональной деятельности | ИД-1 _{РПК-1} Осуществляет научный поиск методов решения исследовательских задач в профессиональной области (сфере) | знать: - характеристики и основные влияющие факторы на категории энергетического потенциала ветровых ресурсов с учетом социально-экологических факторов. уметь: - анализировать особенности технологического процесса и энергетические характеристики ВЭС. |
| РПК-1 Способен участвовать в проведении | ИД-2 _{РПК-1} Применяет фундаментальные и | знать: - основные энергетические |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--|--|---|
| научно-исследовательских работ в области (сфере) профессиональной деятельности | прикладные знания для решения исследовательских задач в профессиональной области (сфере) | <p>характеристики ветровых энергоустановок для электроснабжения различных потребителей;</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные критерии выбора моделей ВЭУ; - основные критерии и этапы выбора площадки под размещение ВЭУ и ВЭС; - основные положения по строительству и вводу в эксплуатацию ВЭС; - основные влияющие факторы на выработку электроэнергии ВЭУ и ВЭС для электроснабжения различных потребителей. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбирать параметры оборудования ВЭС для электроснабжения различных потребителей; - выбирать площадку под размещение ВЭУ и ВЭС для электроснабжения различных потребителей. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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 8 зачетных единиц, 288 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 | Классификация и характеристики ВЭУ и ВЭС | 10 | 1 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Классификация и характеристики ВЭУ и ВЭС"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.183-199 [3], р.3 [4], п.1.5, п.2.2, п.2.3 [5], п.1.3, п.2.5</p> | | |
| 1.1 | Современное состояние и тенденции развития ветроэнергетики в мире и России. Классификация ВЭУ и ВЭС в мире и России | 6 | | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | | - | |
| 1.2 | Характеристики ВЭУ и ВЭС | 4 | | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | | - | |
| 2 | Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС | 46 | | 10 | 16 | - | - | - | - | - | - | - | 20 | | - | <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторным работам необходимо предварительно изучить темы и задачи выполнения лабораторных работ, ознакомиться с описанием лабораторных стендов, изучить вопросы обработки результатов</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС" и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], п.4.2 [4], р.6, п.7.1</p> |
| 2.1 | Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС | 15 | | 5 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | |
| 2.2 | Надежность и экономичность функционирования ВЭС | 31 | | 5 | 12 | - | - | - | - | - | - | - | 14 | | - | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | | [5], p.3, п.5.1 |
| 3 | Ресурсы ветра и методы их расчета | 26 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> В рамках работы необходимо собрать, рассчитать и проанализировать ветровые ресурсы заданного региона для строительства ВЭС. В задание входит решение задач: 1.Краткое описание ТЭЖ региона, где планируется сооружение ВЭС; описание климатических условий; топографии местности; инфраструктура, транспортная доступность, схема ЛЭП, существующие подстанции и характеристики; природоохранные зоны. 2. Построение карты распределения ветровых ресурсов по данным не менее 10-и наземных МС с сайта «Расписание Погоды».</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Ресурсы ветра и методы их расчета" и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Ресурсы ветра и методы их расчета" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], p.3, п.1.7 [4], p.5, п.3.7</p> |
| 3.1 | Ресурсы ветра и методы их расчета | 16 | 4 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 6 | - | |
| 3.2 | Вертикальный профиль ветра. Ветроизмерительные комплексы | 10 | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 4 | Основные задачи проектирования ВЭС | 26 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> В рамках работы необходимо произвести выбор вариантов возможных площадок ВЭС и выбрать наиболее оптимальный вариант по различным критериям.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные задачи проектирования ВЭС" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u></p> |
| 4.1 | Основные задачи проектирования ВЭС | 26 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------------|-------|---|----|----|----|---|---|---|---|-----|-----|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | Изучение материалов по разделу "Основные задачи проектирования ВЭС" и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные задачи проектирования ВЭС" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр.21-29 [4], п.2.1, р.4 [5], п.1.5, п.4.2, п.2.3 | |
| | Экзамен | 36.0 | | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 144.0 | | 32 | 16 | 16 | - | 2 | - | - | 0.5 | 44 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | | 32 | 16 | 16 | | 2 | | - | 0.5 | | 77.5 | |
| 5 | Выбор моделей ВЭУ | 7.5 | 2 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 1.5 | - | <u>Подготовка курсового проекта:</u> В рамках работы необходимо выбрать оптимальный вариант ВЭУ для ветровых условий площадки ВЭС. Для этого должны быть выполнены следующие задачи: 1.Разработка модели вертикального профиля ветра (ВПВ) или расчет значений матрицы показателя степени ВПВ 2. Моделирование годового ряда (расчетного года) скорости ветра на площадке ВЭС на разной высоте по модели ВПВ (либо матрице значений показателя степени) 3. Предварительный выбор не менее 5-и вариантов моделей ВЭУ по заданным критериям 4. Выбор расчетной модели ВЭУ по показателям энергетической эффективности <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Выбор моделей ВЭУ" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр.38-48 |
| 5.1 | Выбор моделей ВЭУ | 7.5 | | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 1.5 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|
| 6 | Факторы, влияющие на энергетическую эффективность ВЭУ и ВЭС | 7.5 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 1.5 | - | <u>Подготовка курсового проекта:</u> Выявить факторы, влияющие на показатели энергетической эффективности ВЭС и оценить их влияние. Должны быть решены задачи: 1. Выявить факторы, влияющие на энергетическую эффективность ВЭС в условиях выбранной площадки; 2. Выбрать схему размещения ВЭУ в составе ВЭС и оценить коэффициент аэродинамической эффективности; 3. Провести оценку выработки ВЭС с учетом различных потерь <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Факторы, влияющие на энергетическую эффективность ВЭУ и ВЭС" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр.74-79 [4], р.7 |
| 6.1 | Факторы, влияющие на энергетическую эффективность ВЭУ и ВЭС | 7.5 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 1.5 | - | |
| 7 | Моделирование переходных процессов (ПП) в ВЭС | 5 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Моделирование переходных процессов (ПП) в ВЭС" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр.127-135 |
| 7.1 | Моделирование переходных процессов (ПП) в ВЭС | 5 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 8 | Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС | 10 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС" |
| 8.1 | Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС | 10 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | |
| 9 | ВЭС в составе ветродизельного комплекса (ВДЭК) | 10 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "ВЭС в составе ветродизельного комплекса (ВДЭК)" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> |
| 9.1 | ВЭС в составе ветродизельного комплекса (ВДЭК) | 10 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|---|----------|---|------------|--------------|------|--|
| | | | | | | | | | | | | | | [2], стр.48-56 [5], п.1.4, п.4.1, п.4.3 |
| | Экзамен | 36.0 | | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Курсовой проект (КП) | 68.0 | | - | - | - | 32 | - | 4 | - | 0.3 | 31.7 | - | |
| | Всего за семестр | 144.0 | | 32 | - | - | 32 | 2 | 4 | - | 0.8 | 39.7 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | | 32 | - | - | 34 | | 4 | | 0.8 | 73.2 | | |
| | ИТОГО | 288.0 | - | 64 | 16 | 16 | 36 | | 4 | | 1.3 | 150.7 | | |

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. Классификация и характеристики ВЭУ и ВЭС

1.1. Современное состояние и тенденции развития ветроэнергетики в мире и России. Классификация ВЭУ и ВЭС в мире и России

Состояние современной мировой ветроэнергетики, включая оффшорную и малую ветроэнергетику. Современное состояние ветроэнергетики в России. Государственные формы поддержки развития ветроэнергетики в мире и России. Тенденции развития мировой ветроэнергетики. Основные классифицирующие признаки ВЭУ. Мировые и отечественные стандарты, классифицирующие ВЭУ по мощности. Классификация ВЭУ по ориентации оси вращения ВК по отношению к направлению ветрового потока. Классификация ВЭУ по принципу использования векторной энергии движущихся воздушных масс. Классификация ВЭУ по типу потребителя (автономный, локальная энергосистема, объединенная энергосистема). ВЭУ с вертикальной осью вращения: роторы Савониуса, чашечные роторы, роторы Дарье, барабанные роторы. Основные компоненты ротора Дарье. Модификации ротора Дарье. Преимущества и недостатки ВЭУ с вертикальной осью вращения. Основные компоненты ВЭУ с горизонтальной осью вращения и их назначение: ветроколесо; системы регулирования; гондола; устройства ориентации на ветер; генераторы; башня ВЭУ; фундаменты оффшорных и береговых ВЭУ. Сравнение ВЭУ с вертикальной и горизонтальной осью вращения.

1.2. Характеристики ВЭУ и ВЭС

Преобразование энергии в ВЭУ. Потери энергии в ВЭУ. Коэффициент мощности. Оптимальный режим работы ветроколеса по критерию максимуму коэффициента мощности. Силы, действующие на лопасть ветроколеса. Влияние угла установки лопастей на коэффициент мощности. Рабочие характеристики ветродвигателя. Мощностная характеристика ветродвигателя.

2. Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС

2.1. Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС

Работа ветродвигателя без регулирования. Способы ограничения крутящего момента. Регулирование крутящего момента поворотом лопасти. Регулирование срывом потока. Особенности работы ВЭУ с АГ, СГ и АСГ в энергосистеме. Базисная и пульсирующая мощность ВЭС. Ветрозарядные станции. ВЭУ, работающие на изолированную нагрузку. Типовые структуры ветро-дизельных комплексов.

2.2. Надежность и экономичность функционирования ВЭС

Требования к системам управления и защиты. Функции системы управления. Функциональные элементы системы управления. Примеры систем управления ВЭУ. Пример системы управления ВЭС. Типовые режимы работы ВЭУ. Электромеханические переходные процессы в ВЭУ. Моделирование режимов работы ВЭУ.

3. Ресурсы ветра и методы их расчета

3.1. Ресурсы ветра и методы их расчета

Классификация характеристик ветра в соответствии с проектными задачами по РД52.04.275-89. Временные вариации скорости и направлений ветра. Фактические и теоретические повторяемости скорости ветра. Краткосрочные вариации скорости ветра: турбулентность, порывистость ветра. Экстремальная скорость ветра. Энергетические характеристики ветра: мощность и энергия. Влияние орографии местности на формирование

ветра: шероховатость местности, формы земной поверхности. Влияние препятствий на ветровой поток над плоским рельефом. Особенности ветрового потока над неплоским рельефом. Типизация неплоского рельефа. Методические основы оценки влияния земной поверхности на скорость ветра. Моделирование ветра в точке А по данным наземной метеостанции, рассматриваемой в качестве аналога, для равнинной и холмистой местности. Многолетние вариации скорости ветра. Выбор расчетного года. Требования к ряду наблюдений скорости ветра в проектных задачах.

3.2. Вертикальный профиль ветра. Ветроизмерительные комплексы

Вертикальный профиль ветра. Логарифмический и степенной законы вертикального профиля ветра. Общепринятые методики моделирования и аппроксимации вертикального профиля ветра средней скорости ветра в мире и России. Методы пересчета повторяемости скорости ветра на высоту. Ветроизмерительные комплексы (ВИК): стандартная структура; основные этапы и требования проведения ветроизмерений; основные измеряемые данные и требования к ним. Репрезентативность данных ветромониторинга. Обработка данных ветроизмерений. Разработка моделей вертикального профиля ветра по данным аэрологических станций и ветромониторинга. Моделирование скорости ветра на рассматриваемой площадке на заданную высоту.

4. Основные задачи проектирования ВЭС

4.1. Основные задачи проектирования ВЭС

Этапы проектирования ВЭУ и ВЭС. Предпроектные и проектные стадии создания ВЭС. Информационные источники по ветровым ресурсам: Справочники по климату, Атласы ветров, климатические архивы данных в глобальной сети Интернет. Особенность использования данных из разных информационных источников. Измерительные приборы. Методы оценки ветровых ресурсов, базирующиеся на разных исходных данных и применяемые на разных этапах проектирования: на данных атласа ветров; экологические; математическое моделирование; статистические (метод корреляционного предсказания; метод подобия); на основе использования длительных рядов наблюдений. Этапы выбора площадки под размещение ВЭС в энергосистемах и изолированных энергоузлах. Критерии выбора площадки под ВЭС: ресурс, логистика строительства и эксплуатации, схема выдачи мощности (подключение к существующей электрической сети). Проблемы, идентифицирующие непригодность площадки под ВЭС. Современные мировые и отечественные стандарты в ветроэнергетике.

5. Выбор моделей ВЭУ

5.1. Выбор моделей ВЭУ

Современные мировые и отечественные стандарты при формировании критериев и требований для предварительного выбора оборудования ВЭС в энергосистемах и изолированных энергоузлах. Особенности выбора единичной мощности ВЭУ в составе ВЭС в энергосистемах и изолированных энергоузлах. Климатическое исполнение ВЭУ. Методы расчета определяющих параметров при выборе класса безопасности: экстремальной скорости ветра и турбулентности. Транспортировка и монтаж ВЭУ разной мощности. Методы (и допущения) расчета годовой выработки электроэнергии единичной ВЭУ. Критерии энергоэффективности ВЭУ. Выбор вариантов ВЭУ по критериям энергоэффективности.

6. Факторы, влияющие на энергетическую эффективность ВЭУ и ВЭС

6.1. Факторы, влияющие на энергетическую эффективность ВЭУ и ВЭС

Модельные и натурные мощностные характеристики ВЭУ и их особенности. Методика определения выработки энергии ВЭУ при наличии исходной информации и ее ограниченном объеме. Влияние различных реальных условий на энергетические показатели ВЭУ. Пересчет мощностных характеристик ВЭУ с различными системами регулирования для фактических условий. Влияние параметров ВЭУ (диаметра ВК и высоты башни) на энергетические показатели ВЭУ. Влияние параметров моделей вертикального профиля ветра (показателя степени, параметра шероховатости) на энергетические показатели ВЭУ. Особенности работы ВЭУ в условиях холодного климата. Потери выработки, вызванные обледенением. Способы защиты ВЭУ от обледенения. Методика определения выработки энергии ветроэнергетической станции. Эффект «затенения» массива ВЭУ в составе ВЭС. Аэродинамическая эффективность массива ВЭУ в составе ВЭС. Схемы размещения ВЭУ в составе ВЭС. Моделирование режимов работы ВЭУ в составе ВЭС.

7. Моделирование переходных процессов (ПП) в ВЭС

7.1. Моделирование переходных процессов (ПП) в ВЭС

Математическая модель ВЭУ. Режимы работы ВЭУ. Моделирование переходных процессов в ВЭУ.

8. Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС

8.1. Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС

Стадии разработки ПСД. Экспертизы проектной документации на строительство ВЭУ и ВЭС. Закупка оборудования, логистика, подготовка и организация строительства (реализация ПОС). Строительно-монтажные работы, контроль СМР, пуско-наладка и ввод ВЭС в эксплуатацию. Организация эксплуатации ВЭС. Виды эксплуатационных работ.

9. ВЭС в составе ветродизельного комплекса (ВДЭК)

9.1. ВЭС в составе ветродизельного комплекса (ВДЭК)

Структурные схемы ВДЭК. Показатели энергетической эффективности ВДЭК. Выбор структуры и оборудования ВДЭК. Алгоритм расчёта режима работы ВДЭК без аккумулялирования. Алгоритм расчёта режима работы ВДЭК при наличии системы аккумулялирования энергии.

3.3. Темы практических занятий

1. Выбор площадки ВЭС;
2. Расчет основных энергетических характеристик ветра;
3. Выбор информационного источника для оценки ветровых ресурсов в заданной точке;
4. Статистические методы восстановления данных ветровых ресурсов;
5. Моделирование ресурсов ветра на заданной площадке ВЭС по данным наземной метеостанции;
6. Разработка модели вертикального профиля ветра для ветровых условий площадки ВЭС по данным различных информационных источников.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование режимов работы ВЭУ в сети и на автономного потребителя;
2. Исследование режимов работы ВЭУ с АСГ;

3. Исследование эксплуатационных характеристик ветроагрегата.

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение раздела курсового проекта "ТЭЖ региона. Среднемноголетние энергетические характеристики ветра в рассматриваемом районе строительства ВЭС" под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части раздела.
2. Консультации направлены на выполнение раздела курсового проекта "Выбор площадки ВЭС. Моделирование ряда скорости ветра из точки МС-аналога на площадку ВЭС" под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части раздела.
3. Консультации направлены на выполнение раздела курсового проекта "Выбор модели ВЭУ по показателям энергоэффективности" под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части раздела.
4. Консультации направлены на выполнение раздела курсового проекта "Расчет выработки ВЭС" под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части раздела.

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на подготовку к контрольному мероприятию по разделу "Классификация и характеристики ВЭУ и ВЭС"
2. Консультации направлены на подготовку к контрольному мероприятию по разделу по разделу "Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС"
3. Консультации направлены на подготовку к контрольному мероприятию по разделу "Ресурсы ветра и методы их расчета"
4. Консультации направлены на подготовку к контрольному мероприятию по разделу "Основные задачи проектирования ВЭС"
5. Консультации направлены на подготовку к контрольному мероприятию по разделу "Выбор моделей ВЭУ"
6. Консультации направлены на подготовку к контрольному мероприятию по разделу "Выбор моделей ВЭУ"
7. Консультации направлены на подготовку к контрольному мероприятию по разделу "Моделирование переходных процессов (ПП) в ВЭС"
8. Консультации направлены на подготовку к контрольному мероприятию по разделу "Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС"
9. Консультации направлены на подготовку к контрольному мероприятию по разделу "ВЭС в составе ветродизельного комплекса (ВДЭК)"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

2 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Выбор и обоснование ветроэлектрической станции, входящей в состав ОЭС

График выполнения курсового проекта

| Неделя | 1 - 4 | 5 - 8 | 9 - 12 | 13 - 16 | Зачетная |
|--------------------------|-------|-------|--------|---------|--------------------------|
| Раздел курсового проекта | 1 | 2 | 3 | 4 | Защита курсового проекта |

| | | | | | |
|---|----|----|----|-----|---|
| Объем раздела, % | 20 | 30 | 30 | 20 | - |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 20 | 50 | 80 | 100 | - |

| | |
|---------------|--|
| Номер раздела | Раздел курсового проекта |
| 1 | ТЭК региона. Среднеголетние энергетические характеристики ветра в рассматриваемом районе строительства ВЭС |
| 2 | Выбор площадки ВЭС. Моделирование ряда скорости ветра из точки МС-аналога на площадку ВЭС |
| 3 | Выбор модели ВЭУ по показателям энергоэффективности |
| 4 | Расчет выработки ВЭС |

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 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Знать: | | | | | | | | | | | |
| методы моделирования переходных процессов в ВЭС | ИД-1ПК-2 | | | | | | | + | | | Тестирование/Моделирование переходных процессов в ВЭС |
| способы и средства решения задач проектирования ВЭС | ИД-1ПК-2 | | | | + | | | | | | Контрольная работа/Задачи проектирования ВЭУ и ВЭС |
| назначение, классификацию, конструкции и физические основы работы основного энергетического оборудования ВЭС | ИД-2ПК-2 | + | | | | | | | | | Тестирование/Классификация и характеристики ВЭУ и ВЭС |
| характеристики и основные влияющие факторы на категории энергетического потенциала ветровых ресурсов с учетом социально-экологических факторов | ИД-1РПК-1 | | | + | | | | | | | Контрольная работа/Моделирование скорости ветра в заданной точке и на заданной высоте |
| основные критерии и этапы выбора площадки под размещение ВЭУ и ВЭС | ИД-2РПК-1 | | | | + | | | | | | Контрольная работа/Задачи проектирования ВЭУ и ВЭС |
| основные критерии выбора моделей ВЭУ | ИД-2РПК-1 | | | | | + | | | | | Контрольная работа/Выбор модели ВЭУ |
| основные энергетические характеристики ветровых энергоустановок для электроснабжения различных потребителей | ИД-2РПК-1 | + | | | | | | | | | Тестирование/Классификация и характеристики ВЭУ и ВЭС |
| основные положения по строительству и вводу в эксплуатацию ВЭС | ИД-2РПК-1 | | | | | | | | | + | Тестирование/Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС |
| основные влияющие факторы на выработку электроэнергии ВЭУ и ВЭС для электроснабжения различных потребителей | ИД-2РПК-1 | | | | | | | + | | | Контрольная работа/Расчет выработки электроэнергии ВЭУ и ВЭС с учетом различных факторов |
| Уметь: | | | | | | | | | | | |
| выполнять расчеты режимов работы ВЭС | ИД-1ПК-2 | | | | | | | | | + | Контрольная работа/Ветро дизельные |

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--|---|--|---|--|--|--|--|---|---|
| для электроснабжения различных потребителей с учетом различных факторов | | | | | | | | | | | комплексы |
| использовать современное отечественное и зарубежное информационное и программное обеспечение по ветровой энергетике | ИД-2ПК-2 | | | | + | | | | | | Контрольная работа/Задачи проектирования ВЭУ и ВЭС |
| анализировать особенности технологического процесса и энергетические характеристики ВЭС | ИД-1РПК-1 | | + | | | | | | | | Контрольная работа/Задачи эксплуатации и управления ВЭУ и ВЭС Лабораторная работа/Лабораторные работы по разделу "Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС" |
| выбирать площадку под размещение ВЭУ и ВЭС для электроснабжения различных потребителей | ИД-2РПК-1 | | | | + | | | | | | Контрольная работа/Задачи проектирования ВЭУ и ВЭС |
| выбирать параметры оборудования ВЭС для электроснабжения различных потребителей | ИД-2РПК-1 | | | | | | | | | + | Контрольная работа/Ветродизельные комплексы |

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Задачи проектирования ВЭУ и ВЭС (Контрольная работа)
2. Задачи эксплуатации и управления ВЭУ и ВЭС (Контрольная работа)
3. Классификация и характеристики ВЭУ и ВЭС (Тестирование)
4. Моделирование скорости ветра в заданной точке и на заданной высоте (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Лабораторные работы по разделу "Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС" (Лабораторная работа)

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Ветро дизельные комплексы (Контрольная работа)
2. Выбор модели ВЭУ (Контрольная работа)
3. Моделирование переходных процессов в ВЭС (Тестирование)
4. Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС (Тестирование)
5. Расчет выработки электроэнергии ВЭУ и ВЭС с учетом различных факторов (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Курсовой проект (КП) (Семестр №2)

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 2 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета : учебное пособие для вузов по специальности "Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии" направления "Электроэнергетика" / Г. В. Дерюгина, Н. К. Малинин, Р. В. Пугачев, Т. А. Шестопалова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2012. – 260 с. – ISBN 978-5-7046-1378-7.;
2. Техничко-экономическое обоснование ветровой электростанции в составе ветродизельного комплекса : методические указания к выполнению курсового проекта по курсу "Проектирование и эксплуатация СЭС и ВЭС" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / А. Г. Васьков, Г. В. Дерюгина, Н. Д. Карпов, Д. А. Чернов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – М. : Изд-во МЭИ, 2018. – 90 с.
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10296>;
3. Цгоев, Р. С. Нетрадиционная ветроэнергетика : учебное пособие по курсу "Нетрадиционная энергетика" по программе подготовки "Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии" направления 140400 "Электроэнергетика и электротехника" / Р. С. Цгоев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Издательский дом МЭИ, 2014. – 168 с. – ISBN 978-5-383-00885-0.;
4. Ветроэнергетика : учебное пособие по курсам "Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетике", "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. А. В. Бобров, В. А. Тремясов- "Ветродизельные комплексы в децентрализованном электроснабжении", Издательство: "Сибирский федеральный университет (СФУ)", Красноярск, 2012 - (214 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364042>.

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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
7. 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 | 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 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-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 промежуточной аттестации | 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 |
| 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

Проектирование и эксплуатация ВЭС

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Классификация и характеристики ВЭУ и ВЭС (Тестирование)
- КМ-2 Задачи эксплуатации и управления ВЭУ и ВЭС (Контрольная работа)
- КМ-3 Лабораторные работы по разделу "Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС" (Лабораторная работа)
- КМ-4 Моделирование скорости ветра в заданной точке и на заданной высоте (Контрольная работа)
- КМ-5 Задачи проектирования ВЭУ и ВЭС (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 14 | 16 |
| 1 | Классификация и характеристики ВЭУ и ВЭС | | | | | | |
| 1.1 | Современное состояние и тенденции развития ветроэнергетики в мире и России. Классификация ВЭУ и ВЭС в мире и России | + | | | | | |
| 1.2 | Характеристики ВЭУ и ВЭС | + | | | | | |
| 2 | Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС | | | | | | |
| 2.1 | Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС | | | + | + | | |
| 2.2 | Надежность и экономичность функционирования ВЭС | | | + | + | | |
| 3 | Ресурсы ветра и методы их расчета | | | | | | |
| 3.1 | Ресурсы ветра и методы их расчета | | | | | + | |
| 3.2 | Вертикальный профиль ветра. Ветроизмерительные комплексы | | | | | + | |
| 4 | Основные задачи проектирования ВЭС | | | | | | |
| 4.1 | Основные задачи проектирования ВЭС | | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 15 | 20 | 20 | 20 | 25 |

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-6 Выбор модели ВЭУ (Контрольная работа)
- КМ-7 Расчет выработки электроэнергии ВЭУ и ВЭС с учетом различных факторов (Контрольная работа)
- КМ-8 Моделирование переходных процессов в ВЭС (Тестирование)
- КМ-9 Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС (Тестирование)
- КМ-10 Ветро дизельные комплексы (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 | КМ-9 | КМ-10 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|-------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Выбор моделей ВЭУ | | | | | | |
| 1.1 | Выбор моделей ВЭУ | | + | | | | |
| 2 | Факторы, влияющие на энергетическую эффективность ВЭУ и ВЭС | | | | | | |
| 2.1 | Факторы, влияющие на энергетическую эффективность ВЭУ и ВЭС | | | + | | | |
| 3 | Моделирование переходных процессов (ПП) в ВЭС | | | | | | |
| 3.1 | Моделирование переходных процессов (ПП) в ВЭС | | | | + | | |
| 4 | Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС | | | | | | |
| 4.1 | Основные положения строительства и ввода в эксплуатацию ВЭС | | | | | + | |
| 5 | ВЭС в составе ветродизельного комплекса (ВДЭК) | | | | | | |
| 5.1 | ВЭС в составе ветродизельного комплекса (ВДЭК) | | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 20 | 20 | 15 | 15 | 30 |

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Проектирование и эксплуатация ВЭС

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 ТЭК региона. Среднегодовое энергетические характеристики ветра в рассматриваемом районе строительства ВЭС
- КМ-2 Выбор площадки ВЭС. Моделирование ряда скорости ветра из точки МС-аналога на площадку ВЭС
- КМ-3 Выбор модели ВЭУ по показателям энергоэффективности
- КМ-4 Расчет выработки ВЭС

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | ТЭК региона. Среднегодовое энергетические характеристики ветра в рассматриваемом районе строительства ВЭС | | + | | | |
| 2 | Выбор площадки ВЭС. Моделирование ряда скорости ветра из точки МС-аналога на площадку ВЭС | | | + | | |
| 3 | Выбор модели ВЭУ по показателям энергоэффективности | | | | + | |
| 4 | Расчет выработки ВЭС | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 20 | 30 | 30 | 20 |