

Документ подписан простой электронной подписью.  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 27.04.2026 15:34:33  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d8910831939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**образования**

**«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Инженерная академия**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП) – разработчика программы аспирантуры)

**Базовая Кафедра «Энергетическое машиностроение»**

(наименование базового учебного подразделения (БУП)-разработчика программы аспирантуры)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Энергетические системы и комплексы**

(наименование дисциплины/модуля)

**Научная специальность:**

**2.4.5 Энергетические системы и комплексы**

(шифр и наименование научной специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации программы аспирантуры:**

**2.4.5 Энергетические системы и комплексы**

(наименование программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре)

**2026 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является изучение и исследование связей и закономерностей в области расчетов оптимальных параметров и режимов, проектирования, управления, монтажа и эксплуатации энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и подготовка аспиранта к сдаче кандидатского экзамена.

Задачами дисциплины являются:

- формирование навыков и в области теории и практики энергетических систем и комплексов;
- изучение основных методов научных исследований, применяемых в данной области;
- освоение ключевых подходов к исследованию объектов энергетических систем и комплексов.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Энергетические системы и комплексы» направлено на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов, а также освоение компетенций:

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в сфере энергетических систем и комплексов;
- владением культурой научного исследования в сфере энергетических систем, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий;
- способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в сфере энергоустановок на основе ВИЭ, с учетом правил соблюдения авторских прав;
- готовность к разработке устройств и технологий, способствующих совершенствованию, оптимизации и повышению эксплуатационной надежности, экологической безопасности энергоустановок на основе ВИЭ, методов их расчета и проектирования;
- способность к созданию и развитию эффективных методов расчета и экспериментальных исследований энергоустановок на основе ВИЭ.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** – устройство гидравлических, солнечных и ветроэнергетических установок разных типов;

- энергетические характеристики гидравлических, солнечных и ветроэнергетических установок разных типов и влияние на них внешних факторов;
- особенности работы энергоустановок на основе ВИЭ;
- особенности проектирования, управления, монтажа и эксплуатации энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов на основе ВИЭ.

**Уметь:** проводить теоретические и экспериментальные исследования в сфере энергетики: – освоить методы объединения энергоустановок на основе ВИЭ в энергетические комплексы; – освоить методы интеграции энергоустановок на основе ВИЭ в электроэнергетические системы.

**Владеть:** – методами расчета оптимальных параметров и состава оборудования электростанций и энергетических комплексов на основе ВИЭ;

- методами расчета оптимальных режимов работы энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов на основе ВИЭ.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Энергетические системы и комплексы» составляет 3 зачетных единицы.

Таблица 3.1. Виды учебной работы по периодам освоения программы аспирантуры

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	семестр
		3
Контактная работа, ак.ч.	18	18
в том числе:		
Лекции (ЛК)	30	30
Практические/семинарские занятия (СЗ)	30	30
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	48	48
Контроль (зачет с оценкой), ак.ч.		
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	108
	зач.ед.	3
		108
		3

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 4.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	<b>Введение.</b>	Источники возобновляемых видов энергии и их особенности. География энергоресурсов.
2.	<b>Раздел № 1.</b> Возобновляемые виды энергии и энергоустановки на их основе.	Тема 1.1. Основные понятия и определения в практике исследования и использования возобновляемых видов энергии (ВВЭ). Современное информационное обеспечение для оценки ресурсов ВИЭ. Параметры ВВЭ и методы их измерения. Основные категории потенциалов ВИЭ и методы их расчета. Современное состояние и перспективы использования ВВЭ. Место и значение ВИЭ в современном топливно-энергетическом комплексе мира и России. Технические особенности использования ВИЭ в системах централизованного и децентрализованного энергоснабжения. Экономические аспекты использования ВИЭ.
3.	<b>Раздел № 2.</b> Модели и технологии использования энергоустановок на основе солнечной энергии.	Тема 2.1. Источники потенциала солнечной энергии. Солнечная радиация: прямая и диффузная. Спектры внеатмосферного и наземного солнечного излучения. Методы измерения солнечной радиации. Методы расчета прихода солнечной радиации на произвольно ориентированную площадку в произвольно взятой ее точке поверхности Земли. Зависимости солнечной радиации от времени года и широты местности. Поглощение в атмосфере (оптическая масса). Оптимальная ориентация приемника солнечного излучения. Тема 2.2. Основные категории потенциала солнечной энергии и методы их расчета. Кадастр солнечной энергии. Основные виды солнечных энергоустановок (СЭУ) и станций (СЭС): электроснабжения, горячего водоснабжения, отопления, охлаждения, сушки, опреснения, гидролиза и т.п.

		<p>Башенные СЭС. Основная технологическая схема, ее компоненты и энергетические характеристики. Уравнение движения Солнца и гелиостатов. Затенение и блокировка гелиостатов. Коэффициент улавливания приемником солнечной радиации. Тепловой приемник и методы его расчета. Оптимизация системы «концентратор (гелиостаты) — приемник».</p> <p>СЭС на основе солнечных прудов. Технологическая схема преобразования энергии и ее компоненты. Термальный градиент. Теплоаккумулирующая характеристика солнечных прудов. Методы расчета основных параметров СЭС на основе солнечных прудов.</p> <p>СЭС с параболическими и параболоцилиндрическими концентраторами: технологическая схема преобразования энергии и ее компоненты. Эффект концентрации излучения. Методы расчета основных параметров.</p> <p>Тема 2.3. Фотоэлектрические СЭС. Фотоэлектрическая генерация энергии. Структура солнечных элементов и принципы их работы. Фотоэлектрические свойства цепи и нагрузки фотоэлементов. Основные виды потерь энергии и факторы, влияющие на КПД фотоэлемента. Конструкции солнечных элементов. Основные технические требования к материалам солнечных элементов. Жесткие и гибкие фотоэлементы. Концентраторы излучения, их разновидности и особенности использования. КПД основных типов фотоэлементов. Фотоэлектростанции.</p> <p>Солнечные коллекторы и их разновидности. Принцип действия, основные конструктивные особенности, КПД солнечных коллекторов. Расчет температурного поля тепловых потерь, отвода тепла, оптического КПД. Селективные покрытия их разновидности и свойства.</p> <p>Этапы проектирования СЭУ и СЭС. Выбор и обоснование участков строительства. Выбор и обоснование типа и основных параметров СЭС.</p> <p>Эксплуатационные особенности и режимы различных типов наземных и космических СЭС. Надежность их функционирования. Техничко-экономические показатели эксплуатации СЭУ и СЭС.</p>
4.	<p><b>Раздел № 3. Модели и технологии использования энергоустановок на основе энергии ветра.</b></p>	<p>Тема 3.1. Источники потенциала ветровой энергии. Основные характеристики ветра и методы и определения. Краткосрочные вариации скорости ветра: турбулентность, порывистость ветра. Максимальная скорость ветра. Энергетические характеристики ветра: мощность и энергия. Влияние орографии местности на формирование ветра: шероховатость местности, формы земной поверхности, препятствия. Методические основы оценки влияния земной поверхности на скорость ветра. Вертикальный профиль ветра. Характерные функции распределения ветра (распределения Рэля, Вейбулла, Гринцевича и др.). Роза ветров. Высота флюгера. Географические факторы и местные расчетные параметры ветра. Основные категории потенциала ветровой энергии и методы их расчета. Кадастр ветровой энергии. Основные</p>

		<p>технические схемы использования энергии ветра и их классификация.</p> <p>Преобразование энергии ветра (элементы аэродинамики). Теория идеального и реального ветрового двигателя. Осевая и подъемная сила, рабочий момент и мощность. Потери энергии. Методы получения энергетических характеристик ветроколеса. Способы установки ветроколеса на ветер. Силы, действующие на ветроколесо при его работе в косом потоке Гироскопический момент ветроколеса. Способы регулирования частоты вращения ветроколеса и его мощности.</p> <p>Тема 3.2. Конструктивные особенности и энергетические характеристики основных элементов ветроэнергетической установки (ВЭУ). Режимы работы ветроколеса. Быстроходность и ее связь с коэффициентом мощности. Подведенная и полезная мощность ветроэнергоустановки. Основные виды потерь энергии. Ветроустановки, предназначенные для производства электроэнергии, тепла, механической энергии и их особенности.</p> <p>Ветроустановки с горизонтальной осью вращения. Основные элементы конструкции. Одно- и многолопастные системы ВЭУ со стабилизаторами, без него или с дополнительным боковым колесом, с серводвигателем или с самоориентацией. Особенности режимов работы ВЭУ.</p> <p>Ветроустановки с вертикальной осью вращения. Основные элементы конструкции. Основные типы ВЭУ. Энергетические характеристики ВЭУ разного типа с вертикальной осью вращения.</p> <p>Тема 3.3. Баланс энергии ВЭУ. Основные энергетические характеристики. Концентраторы воздушного потока, особенности конструкции, эффективность.</p> <p>Стандарты ветроэнергетики. Этапы проектирования ветроэлектростанций. Выбор площадки для размещения ВЭУ. Ветромониторинг. Критерии выбора оборудования ВЭУ. Классы безопасности ВЭУ. Климатическое исполнение ВЭУ. Критерии энергоэффективности ВЭУ. Транспорт и монтаж ВЭУ.</p> <p>Ветроэлектростанция. Схемы оптимального размещения ВЭУ друг относительно друга и ветрового потока с учетом розы ветров. Эффект затенения.</p> <p>Функциональные элементы системы управления. Требования к системам управления и защиты. Режимы работы ВЭУ. Электромеханические переходные процессы в ВЭУ. Моделирование режимов работы ВЭУ.</p>
5.	<p><b>Раздел № 4.</b> Модели и технологии использования энергоустановок на основе гидравлической энергии.</p>	<p>Тема 4.1. Источники потенциала гидроэнергетики: естественные и искусственные водотоки, водохранилища, гидротехнические системы, ледники, подземные воды, приливы и отливы, волны и течения в морях и океанах. Основные гидравлические и энергетические параметры источников потенциала большой и малой гидроэнергетики (МГЭ). Методы измерения напора и расхода воды. Гидрометрические характеристики источника потенциала. Гидрологическая информация и ее особенности для МГЭ. Использование</p>

		<p>детерминированных и вероятностных методов расчета в гидрологии. Особенности формирования водосборов и водостоков.</p> <p>Тема 4.2. Энергия морских волн и течений. Источники потенциала и их особенности. Поверхностные волны на глубокой и мелкой воде (основы теории волнового движения). Энергия и мощность волны и методы ее использования. Идеальные и реальные волны и методы их описания. Энергетический спектр (распределение мощности волны) волн. Методы использования энергии волн при непрерывном волновом движении. Распределение волнового потенциала.</p> <p>Энергия приливов. Источники потенциала и их особенности. Приливы в открытом океане и вблизи берегов. Приливная волна. Энергетика приливных течений и методы ее расчета. Основные характеристики приливной волны и особенности их изменения во времени и от основных влияющих факторов, методы их расчета. География приливов.</p> <p>Тема 4.3. Основные категории потенциала малой гидроэнергетики (включая волны и приливы) и методы их расчета. Вводно-энергетические кадастры гидроэнергетики.</p> <p>Малые гидроэнергетические установки (ГЭУ) и гидроэлектростанции (ГЭС) различных типов.</p> <p>Малые ГЭС (МГЭС): классификационные признаки. Основные методы и способы концентрации напора и расхода воды. Основные типы и виды турбин МГЭС, их энергетические характеристики, методы получения. Водоподводящие и водоотводящие сооружения МГЭС и их энергетические характеристики. Нетрадиционные схемы и виды оборудования МГЭС.</p> <p>Основные типы гидрогенераторов МГЭС. Энергетические характеристики гидрогенераторов. Методы выбора и обоснования основных параметров гидроагрегатов МГЭС.</p>
6.	<p><b>Раздел № 5.</b> Аккумуляция энергии</p>	<p>Тема 5.1. Назначение аккумуляторов энергии и принципы ее накопления: биологический, химический, тепловой, электрической, механический. Основные характеристики. Энергоаккумулирующие установки (ЭАкУ) и станции (ЭАкС). Гидроаккумулирующие, тепловые, индуктивные, водородные и другие виды аккумуляции энергии. Технологические циклы ЭАкУ и принцип их действия. КПД аккумуляции. Основные энергетические характеристики, методы их получения и расчета. Глубина и скорость заряда-разряда. Длительность цикла аккумуляции. Гарантированное число циклов заряда-разряда. Преобразователи энергии ЭАкУ.</p>
7.	<p><b>Раздел № 6.</b> Основные технические схемы преобразования возобновляемых видов энергии.</p>	<p>Тема 6.1. Основные энергетические характеристики преобразования энергии. Методы расчета и измерения основных параметров и характеристик в установившихся и переходных режимах.</p> <p>Энергетические комплексы (ЭК). Основные схемы ЭК, принципы их работы на автономного потребителя и объединенную энергосистему. Методы расчета основных</p>

	<p>энергетических параметров ЭК с аккумуляторами энергии разного вида.</p> <p>Основные этапы проектирования схем установок и станций на базе ВВЭ. Исходная информация, методы ее получения и хранения. Параметры энергоустановок и методы их расчета.</p> <p>Расчет краткосрочных и длительных режимов работы энергоустановок на базе разных ВВЭ при детерминированной, вероятностной и неопределенной информации для обоснования их проектных параметров. Постановки задачи, методы решения, основные допущения.</p> <p>Оптимизация структуры генерирующих мощностей локальных и объединенных энергосистем с энергоустановками на базе ВВЭ.</p>
--	--

## 5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*Таблица 5.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины*

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	проектор, экран, компьютер, доска меловая
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	проектор, экран, компьютер, доска меловая
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	проектор, экран, компьютер, доска меловая

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. Ветроэнергетика: учебное пособие / О. Ю. Сигитов, Ю. А. Радин. – Москва: РУДН, 2024. – 138 с.
2. Чубайс А.Б., Зубакин В.А., Копылов А.Е. Развитие возобновляемой энергетики в России: технологии и экономика. — М.: Издательская группа «Точка», 2020.
3. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application J. F. Manwell, J. G. McGowan, A. L. Rogers. 2009. ISBN: 0470015004

### *Дополнительная литература:*

1. Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета: учебное пособие / Дерюгина Г.В., Малинин Н.К., Пугачев Р.В., Шестопалова Т.А. — М.: Издательство МЭИ, 2012 г.
2. Цгоев Р.С. Нетрадиционная ветроэнергетика. Учебное пособие / — М.: Издательство МЭИ, 2014 г.
3. Методы расчёта ресурсов возобновляемых источников энергии. Учебное пособие / Бурмистров А.А., Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Кунакин Д.Н., Малинин Н.К., Пугачев Р.В. — М.: Издательство МЭИ, 2-ое изд., 2007, 144 с.
4. Солнечная энергетика. Учебное пособие / Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. — М.: Издательство МЭИ, 2008, 276 с.
5. Альдо В. да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы. Учебное пособие. — М.: Издательство Медиа Формат 2010 г. — 704 с.
6. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. / Синюгин В.Ю., Магрук В.И., Родионов В.Г., М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2008 г.
7. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие. — М.: КНОРУС, 2010 г.
8. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии: учебное пособие, СПб: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010. — 224 с.
9. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования гидроэнергетических установок. / А.Ю. Александровский, Б.И. Силаев, мет. пособие. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007 г.
10. Александровский А.Ю., Силаев Б.И. Обоснование параметров проектируемой ГЭС Методическое пособие по курсу. Издательский дом МЭИ, 2006 г.
11. Гидроэнергетика. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В.И. Обрезкова. М.: Энергоатомиздат, 1988.
12. Гидроэлектрические станции / Под ред. В.Я. Карелина и Г.И. Кривченко. М.: Энергоатомиздат, 1987.
13. Виссарионов В.И., Золотов Л.А. Экологические аспекты возобновляемых источников энергии. М.: Изд-во МЭИ, 1996.
14. Накопители энергии / Под ред. Д. А. Бута. М.: Энергоатомиздат, 1991.
15. Васильев Ю.С., Харитонов Н.И. Экология использования возобновляющихся энергоисточников. Л.: ЛГУ, 1991.
16. Водно-энергетические и водохозяйственные расчеты / Под ред. В.И. Виссарионова. М.: Изд-во МЭИ, 2001.

### *Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют

доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН  
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации  
<http://docs.cntd.ru/>
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS  
<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Энергетические системы и комплексы».
2. Методические рекомендации для самостоятельного обучения

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины в ТУИС!

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система оценки освоения дисциплины представлены в ТУИС.

**РАЗРАБОТЧИКИ:**

Доцент, к.т.н.,

Кафедра энергетическое  
машиностроение

Должность, БУП

Ощепков П.П.

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Кафедра энергетическое  
машиностроение

Наименование БУП

Радин Ю.А.

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Профессор, д.т.н.,

Кафедра энергетическое  
машиностроение

Должность, БУП

Радин Ю.А.

Фамилия И.О.