

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
Уральский энергетический институт  
Кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке

\_\_\_\_\_ В.В. Кружаев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> <i>Энергетические установки на основе возобновляемых источников энергии</i>	<b>Код ОП</b> 14.06.01
<b>Направление подготовки</b> Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии	<b>Код направления подготовки и уровня образования</b> 14.06.01
<b>Уровень образования</b> Подготовка кадров высшей квалификации	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b>  Приказ Министерства образования и науки РФ № 879 от 30.07.2014 г. с изменениями и дополнениями от 30.04.2015

**СОГЛАСОВАНО**  
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ  
КАДРОВ ВЫСШЕЙ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2019

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Щеклеин Сергей Евгеньевич	Д-р техн. наук, профессор	Зав. кафедрой	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	
2	Велькин Владимир Иванович	Доктор технических наук, доцент	доцент	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	
3	Немихин Юрий Евгеньевич		старший преподаватель	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	

**Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института**

Председатель учебно-методического совета

Е.В. Черепанова

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК

Е.А. Бутрина

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «Энергетические установки на основе возобновляемых источников энергии»

## 1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Энергетические установки на основе возобновляемых источников энергии» относится к вариативной части образовательной программы. Изучение дисциплины направлено на формирование у аспирантов представления о технологиях, используемых в возобновляемой энергетике и нетрадиционных энергетических установках. Целью дисциплины является изучение основных технологических решений в области возобновляемой энергетики и нетрадиционных источников энергии, в том числе исторических предпосылок, оказавших влияние на современное состояние отрасли. Изучаются российские и международные правовые акты, регулирующие жизненный цикл установок и оборудования ВИЭ. Аспиранты знакомятся с физическими и технологическими сложностями внедрения разных видов ВИЭ и их отдельных узлов, учатся обосновывать безопасность и оценивать риски на всех стадиях жизненного цикла установок возобновляемой энергетики.

## 1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у аспиранта следующих компетенций:

### – универсальные компетенции (УК):

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

### – общепрофессиональные компетенции (ОПК):

- владение научно обоснованной методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность к разработке и использованию современных методов научного исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности (ОПК-3);
- готовность к организации работы исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4).

### – профессиональные компетенции (ПК):

- способность разрабатывать и применять физические и математические модели объектов при разработке и внедрении ядерно-физических и возобновляемых технологий (ПК-1);
- умение проводить работу по обоснованию безопасности при проектировании и эксплуатации энергетических установок (ПК-2);
- умение разрабатывать технические задания и технико-экономические обоснования на создание наукоемких изделий, а также использовать показатели качества согласно существующим национальной и международной нормативным базам (ПК-3);
- знание программного обеспечения в области разработки технологических процессов с целью обеспечения высокого качества установок на стадиях проектирования, конструирования, производства, сооружения, монтажа и эксплуатации (ПК-4);

- способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию информации по теме исследования, выбор методов и средств решения задач исследования (ПК-5);
- способностью использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности (ПК-6);
- готовность использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских работах (ПК-7);
- способность интерпретировать результаты с целью составления практических рекомендаций по перспективному использованию данных научных исследований (ПК-8);
- способность и готовность к разработке и реализации образовательных программ в области нетрадиционной и возобновляемой энергетики в образовательных организациях высшего образования, дополнительного профессионального образования, профессиональных образовательных организациях (ПК- 9).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**Знать:**

- роль возобновляемой энергетики в энергообеспечении экономики и населения России и мира;
- физические и математические модели объектов возобновляемой энергетики;
- особенности тепловых схем и технологического оборудования возобновляемой энергетики с разными видами оборудования ВИЭ;
- основные физические и технические особенности энергоустановок с возобновляемыми источниками энергии.

**Уметь:**

- разрабатывать технические задания и технико-экономические обоснования на создание оборудования и узлов установок ВИЭ;
- использовать показатели качества согласно существующим национальной и международной нормативным базам.

**Демонстрировать навыки и опыт деятельности**

- по обоснованию безопасности при проектировании и эксплуатации энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии;
- по выбору и использованию программного обеспечения в области разработки технологических процессов и управления оборудованием ВИЭ.

**1.4.Объем дисциплины**

Очная форма обучения:

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия			
4.	Лабораторные работы			
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>100</b>	<b>0,6</b>	<b>86</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>2,33</b>	<b>Э (18)</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	108	6,93	108
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	3		3

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание
P1	Состояние и развитие возобновляемой энергетики	Состояние и перспективы нетрадиционной энергетики в мире, Европе, России. Ветроэнергетика; мини ГЭС; солнечная энергетика; тепловые насосы; биоэнергетика; геотермальные источники энергии.
P2	Солнечные, ветро- и гидро- энергетические установки	Ветроэнергетические установки Классификация ВЭУ; основное энергетическое оборудование ВЭУ; конструкция гондолы; типы башен ВЭУ, быстроходность ВЭУ. Оборудование мини ГЭС; Классификация мини ГЭС, классификация гидротурбин; Деривационная и плотинная схемы создания напора; схемы мини ГЭС; Понтонная, наплавная и другие типы мини ГЭС; Типы гидросилового оборудования; Условные обозначения гидротурбин; микро ГЭС в мире и в России. Основное и вспомогательное оборудование миниГЭС. Солнечная энергетика. 3 способа использования солнечной энергии; Основное и вспомогательное оборудование солнечных фотоэлектрических станций. ВАХ солнечного элемента; Конструкция фотоэлектрического элемента; Использование кремния в ФЭС. Способы получения кремния «солнечной» чистоты: метод Чохральского; метод зонной плавки; метод выращивания междендритных лент; вакуумно-термическое испарение. Схемы способов получения кремния. Основное и вспомогательное оборудование солнечных теплогенераторов. Классификация и типы солнечных теплогенераторов. Схемы функционирования солнечных ТГ.
P3	Биогазовые и геотермальные установки	Роль биомасс в топливном балансе мира, Европы, России. Состояние и тенденции развития биореакторостроения. Схема функционирования БГУ. Конструкция биореактора ИБГУ-1. Технические характеристики ИБГУ-1. Назначение, конструкция и технические характеристики. Оборудование биореакторов для переработки супержидких субстратов: анаэробный контактный реактор с отстойником; анаэробный фильтр или фильтр Мак Карти; реактор с неподвижно закрепленной пленкой; реактор с неподвижным слоем ила и поступлением сырья снизу (реактор Леттинги). Рециркулярный биореактор Андрухина Т.А.: обработка концентрированных вязких орг.отходов. Биореакторы многостадийной метангенерации. Транспортировка биоудобрений. Биогазовые установки за рубежом. Схема китайского биореактора; схема индийского биореактора на гобаре; Германская биоустановка «Дармштадт»; Английская типовая биоустановка метангенерации; Схема промышленной БГУ Японии; схема биогазовой системы «Шмидта-Эггершлюса» (Чехословакия). Геотермальные источники энергии. Типы геотермальных месторождений. Основное и вспомогательное оборудование геотермальных ЭС. Схемы отбора и использования геотермальной энергии. Характеристики оборудования геотермальных ТЭС в России. Типы геотермальных ТЭС; схе-

		мы их функционирования; оборудование геотермальных ТЭС.
<b>P4</b>	Нетрадиционные энергетические установки (ТЭГ, водородные, волновые, приливные и др).	Волновая энергетика. Конструктивные решения волновых гидро-генераторов. Конструктивные решения волновых электростанций. Приливные электростанции. Ветроморские электростанции.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

#### 3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

Объем дисциплины (зач.ед.): 3

Раздел дисциплины		Аудиторные занятия (час.)				Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																					
Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Всего по разделу, теме (час.)	Всего аудиторной работы (час.)			Всего самостоятельной работы студентов (час.)	Подготовка к аудиторным занятиям (час.)					Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)								Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)			Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)				
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум (магистратура)	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностр. языке*	Перевод инояз. литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет	Экзамен
P1	Состояние и развитие возобновляемой энергетики	17	1	1		16	16	16																			
P2	Солнечные, ветро- и гидро-энергетические установки	26	1	1		25	25	25																			
P3	Биогазовые и геотермальные установки	26	1	1		25	25	25																			
P4	Нетрадиционные энергетические установки (ТЭГ, водородные, волновые, приливные и др).	21	1	1		20	20	20																			
	<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>90</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>86</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>1</b>	<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>108</b>	<b>4</b>			<b>86</b>	В т.ч. промежуточная аттестация																	<b>0</b>	<b>18</b>		

\*Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке «Всего (час.) без учета промежуточной аттестации»

#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено.

##### 4.2. Практические занятия

Не предусмотрено.

##### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

###### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено.

###### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

###### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

###### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

###### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

###### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

###### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено.

###### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

Не предусмотрено.

###### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

#### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1		*										
P2		*		*								
P3		*		*								
P4		*		*								

#### 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Балльно-рейтинговая система не используется.



## 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Не используются.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

### 8.2. Критерии оценивания результатов промежуточной аттестации при использовании независимого тестового контроля

Не используются.

### **8.3. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации**

**8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий**  
*не предусмотрено*

**8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**  
*не предусмотрено*

**8.3.3. Примерные контрольные кейсы**  
*не предусмотрено*

**8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета**  
*не предусмотрено*

**8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Современное состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики.
2. Основные нормативные акты РФ в области возобновляемой энергетики.
3. Теплофизические особенности, конструкция и технические характеристики современных и перспективных установок ВИЭ.
4. Методы оценки риска от ВИЭ. Вероятностный анализ энергообеспечения объекта.
5. Выбор и методика оптимизации параметров комплексной системы энергоснабжения на основе ВИЭ.
6. Расчеты основных категорий потенциала ВИЭ.
7. Методы расчета прихода солнечной радиации на горизонтальную и произвольно ориентированную площади на поверхности Земли в произвольно взятой ее точке. Зависимость солнечной радиации от времени и широты местности. Продолжительность дня с солнечным излучением, поглощение в атмосфере (оптическая масса). Оптимальная ориентация приемника солнечного излучения.
8. Основные категории потенциала солнечной энергии и методы их расчета. Кадастр солнечной энергии. Современное состояние и перспективы использования солнечной энергии в мире. Основные виды солнечных энергоустановок (СЭУ) и систем наземного и космического назначения (станции СЭС). Системы солнечного электроснабжения, горячего водоснабжения, отопления, охлаждения, сушки, опреснения, гидролиза и т. п. Башенные СЭС. Основная технологическая схема, ее компоненты и их энергетические характеристики.
9. 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».
10. 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.
11. СЭС с параболическими и параболоцилиндрическими концентраторами: технологическая схема преобразования энергии и ее компоненты. Эффект концентрации излучения. Методы расчета основных параметров.
12. 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.
13. 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.
14. Системы солнечного горячего водоснабжения и отопления. Схемы и элементы. Методы расчета систем солнечного теплоснабжения (ССТ). Аккумуляция тепла в ССТ. Краткосрочная и длительная аккумуляция тепла. Методы расчета характеристик ССТ. Принцип действия, конструктивные особенности и методы расчета подогревателей воды и воздуха, сушилок, кондиционеров, холодильников, опреснителей воды на базе ССТ.

15. Пассивные солнечные системы (ПСС). Основные типы и их особенности. Пассивные солнечные системы с непосредственным обогревом помещений (солнечные окна, оранжереи, теплицы, прозрачная крыша), с обогревом пассивного элемента вне помещения (стена Тромба, термопруды, контейнеры с водой на крыше зданий и т. п.). Энергетические характеристики ПСС. Аккумуляция тепла элементами зданий и конструкций. Использование пристроенных и встроенных теплиц в качестве приемников солнечного тепла.
16. Космические СЭС (КСЭС). Основные схемы преобразования и концентрации солнечного излучения на КСЭС (фотоэлектрические, машинные и прямые преобразования энергии Солнца). Достоинства и недостатки схем. Проблемы сооружения КСЭС и передачи энергии на Землю. Перспективные системы передачи энергии с КСЭС на Землю (СВЧ-излучение, лазерный луч).
17. Основные понятия и определения ветроэнергетики. Источники потенциала ветровой энергии. Преобразования энергии ветра. Ветроэнергетические установки (элементы аэродинамики). Основные характеристики ветра и методы их определения. Зависимость параметров ветра от высоты и времени. Характерные функции распределения ветра (распределения Рэля, Вейбулла–Гудрича и др.). Роза ветров. Высота флюгера. Географические факторы и местные расчетные параметры ветра. Основные категории потенциала ветровой энергии и методы их расчета.
18. Кадастр ветровой энергии. Основные технические схемы использования энергии ветра и их классификация.
19. Теория идеального и реального ветрового двигателя. Основные положения и допущения. Осевая или подъемная сила. Рабочий момент и мощность. Потери энергии ветродвигателя. Методы получения энергетических характеристик ветроколеса. Способы установки ветроколеса на ветер. Силы, действующие на ветроколесо при его работе в косом потоке. Гироскопический момент ветроколеса.
20. Способы регулирования частоты вращения ветроколеса и его мощности. Конструктивные особенности и энергетические характеристики основных элементов ветроэнергетической установки. Режимы работы ветроколеса. Быстроходность и ее связь с коэффициентом мощности. Подведенная и полезная мощность ветроэнергоустановки с вертикальной и горизонтальной осями. Основные виды потерь энергии.
21. Ветроустановки, предназначенные для производства электроэнергии, тепла, механической энергии, и их особенности. 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 разных видов ВЭУ. Конструкции редуктора и генератора, их энергетические характеристики.
22. Баланс энергии в ВЭУ. Основные энергетические характеристики. Расчетные скорости: минимальная, рабочая, максимальная. Концентраторы воздушного потока, их эффективность, особенности их конструкции.
23. Ветроустановки с вертикальной осью вращения. Основные элементы конструкции. Одно- и многоярусные системы. Преимущества и недостатки. Основные типы ВЭУ. Энергетические характеристики ВЭУ разного типа с вертикальной осью вращения. Ветроэлектростанция (ВЭС), или ветропарк. Основные принципы оптимального использования энергетического потенциала ветра в заданном регионе. Схемы оптимального размещения ВЭУ относительно друг друга и ветрового потока с учетом розы ветров в регионе. Эффект затемнения в ветропарке.
24. Использование энергии перемещения водных потоков. Основные принципы использования энергии воды. Источники потенциала гидроэнергетики: естественные и искусственные водотоки и водохранилища, водохозяйственные и другие гидротехнические системы, ледники, подземные воды, приливы и отливы, волны и течения в морях и океанах. Традиционная и нетрадиционная (малая) гидроэнергетика и их особенности. Основные гидравлические и энергетические параметры источников потенциала малой гидроэнергетики (МГЭ). Методы измерения напора и расхода воды.

25. Гидрометрические характеристики источника потенциала МГЭ. Гидрологическая информация МГЭ и ее особенности по сравнению с информацией традиционной гидроэнергетики. Использование детерминированных и вероятностных методов расчета в гидрологии МГЭ. Особенности формирования водосборов и водостоков в МГЭ.

26. 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. География волн на Земле.

27. Энергия приливов. Источники потенциала и их особенности. Влияние Солнца и Луны на приливы. Прилив 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. Лунный месяц. География приливов. Основные категории потенциала малой гидроэнергетики (включая волны и приливы) и методы их расчета. Вводно-энергетические кадастры гидроэнергетики.

28. Малые гидроэнергетические установки (ГЭУ) и гидроэлектростанции (ГЭС) различных типов, включая волновые энергоустановки (ВлЭУ) или электростанции (ВлЭС), а также приливные электростанции (ПЭС).

29. Малые ГЭС: классификационные признаки. Основные методы и способы концентрации напора и расхода воды. Основные типы и виды турбинного оборудования МГЭС. Его энергетические характеристики, методы их получения и расчета. Модельные и натурные испытания гидроагрегатов. Нетрадиционные схемы и виды оборудования МГЭС. Водоподводящие и водоотводящие сооружения МГЭС и их энергетические характеристики.

30. Основные типы гидрогенераторов МГЭС (на постоянном и переменном токе, синхронные и асинхронные). Энергетические характеристики гидрогенераторов. Методы выбора и обоснования основных параметров гидроагрегатов МГЭС.

31. Волновые электростанции (ВлЭС). Основные типы и схемы ВлЭС: устройства, отслеживающие профиль волны, использование колеблющегося водяного столба; системы улавливающие волны; надводные и подводные устройства. Методы расчета подведенной и полезной мощности ВлЭУ и ВлЭС. Основные энергетические характеристики элементов ВлЭУ и методы их расчета.

32. Приливные электростанции (ПЭС). Энергия и мощность приливных течений и приливного подъема – спада воды. Методы расчета скорости и мощности приливных течений и приливного подъема – спада воды. Сизигийный и квадратурный прилив. Энергия прилива за лунный месяц. Перспективные районы и схемы использования энергии приливов: одно- и многобассейновые; с обратимыми и необратимыми агрегатами; с гидравлической аккумуляцией энергии. Методы выбора и обоснования основных параметров оборудования ПЭС.

33. Источники на основе геотермальной энергии

Геотермальная энергия, основные понятия и определения. Источники потенциала геотермальной энергии (ГеоТЭ). Основы геофизики. Тепловое поле Земли. Методы излучения геотермальных ресурсов и их классификация. Системы извлечения геотермальных ресурсов и их классификация. Сухие скальные породы и естественные водоносные пласты (термальные воды и парагидротермы). География геотермального тепла Земли. Методы расчета теплосодержания глубинных пород Земли. Потенциал геотермальной энергии и методы его расчета. Современное состояние и перспективы использования геотермальной энергии в мире.

34. Геотермальные энергоустановки (ГеоТЭУ) и электростанции (ГеоТЭС). Использование геотермальной энергии: возможности и потребности. Техника извлечения тепла Земли. Основные схемы технологического процесса на ГеоТЭС: цикл с одним рабочим телом, цикл с двумя рабочими телами, прямой паровой и двухконтурный циклы. Схемы утилизации отработанного рабочего тепла ГеоТЭС. Виды рабочего тела и их особенности.

35. Методы выбора и обоснования основных параметров оборудования ГеоТЭС. Энергетические характеристики ГеоТЭС, методы их изучения и расчета. Особенности энергетического оборудования ГеоТЭС.

36. Биомасса как источник энергии. Энергия биомассы. Основные понятия и определения. Источник потенциала биомассы и ее география. Классификация биотоплива. Влажность, плотность и содержание углерода в биомассе.
37. Основные типы энергопроцессов, связанных с переработкой биомассы: термохимические, биологические, агрохимические. Производимое из биомассы биотопливо. Технология преобразования: сжигание, пиролиз, сбраживание, анаэробное разложение и т.п. Удельная потенциальная величина урожайности биомассы различных культур. Основы фотосинтеза. Современное состояние и перспективы использования энергии биомассы в мире.
38. Биоэнергетические установки (БиоЭУ). Классификация БиоЭУ по типу энергетических процессов, связанных с переработкой биомассы. Основные элементы технологического процесса, их энергетические характеристики и методы их получения и расчета.
39. Технологические процессы переработки биомассы, основанные на термохимических методах. Сжигание топлива для получения тепла, приготовление пищи и обогрев жилищ, сушка технических культур, сжигание отходов, производство тепла и электроэнергии. КПД установок. Пиролиз и сухая перегонка сырья для пиролиза и его ресурсы. КПД пиролиза. Твердый остаток (древесный уголь). Сепарация жидкостей и газов (газификация). Другие термохимические процессы: гидрогенерация; гидрогенерация с применением СО и пара; гидролиз под воздействием кислот и ферментов; метиловый спирт в качестве топлива.
40. Технологические процессы, основанные на биохимических методах. Спиртовая ферментация, или брожение. Методы получения этилового спирта (этанол) из сахарного тростника, сахарной свеклы, растительного крахмала, целлюлозы. Выход этанола из различных культур. Этанол в качестве топлива в двигателе внутреннего сгорания. Анаэробное сбраживание или разложение. Необходимые условия реализации.
41. Биогаз как смесь  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$ . Основное уравнение анаэробного сбраживания. Методы расчета основных параметров биогазогенераторов и его энергетические характеристики. Агрохимические методы получения топлива в процессе жизнедеятельности растений. Недостатки и достоинства методов.
42. Использование низкотемпературного тепла земли, воды, воздуха. Основные понятия и определения. Источники потенциала и география. Тепловой баланс Земли. Естественные источники и поглотители теплоты. Производство теплоты в мире. Рассеивание теплоты: механизмы теплопередачи. Прямоточное охлаждение. Градирни. Методы утилизации сбросной теплоты. Качество теплоты и ее транспорт.
43. Потенциал низкотемпературного тепла земли, воды и воздуха в мире и основные влияющие на него факторы. Методы его расчета. Современное состояние и перспективы использования низкотемпературного тепла земли, воды и воздуха в мире. Океанические тепловые электростанции (ОТЭС). Принцип работы ОТЭС. Допустимая разность температур. Технологическая схема и энергетические характеристики ОТЭС.
44. Теплонасосные установки (ТНУ). Тепловые насосы, принципы их работы и использования. Источники низкотемпературного тепла: воздух окружающей среды, вентиляционный воздух, тепло грунта, стоячие воды, промышленные сбросы, подземные воды, озерная, морская и речная вода и другие источники нетрадиционного тепла. Основные компоненты технологического цикла ТНУ: системы сбора тепла, испаритель, компрессор, конденсатор, расширитель.
45. Баланс энергии ТНУ. Коэффициент преобразования тепла. Направления и области применения ТНУ. Экологически чистые рабочие тела ТНУ, их особенности и перспективы использования. Энергетические характеристики компонентов ТНУ. Применение ТНУ для получения тепла в системах индивидуального и коллективного использования энергии.
46. Аккумуляция и транспорт энергии. Основные понятия и определения. Назначение аккумуляторов энергии и принципы аккумуляирования: биологическое, химическое, тепловое, электрическое, механическое. Основные характеристики аккумуляторов.
47. Транспорт первичной и вторичной энергии. Основные способы передачи энергии: трубопроводы, кабельная сеть, линии электропередачи, контейнерные перевозки и т. п., их особенности и 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.

### **8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

СМУДС УрФУ -2019 г.

### **8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

Не используются.

### **8.3.8. Интернет-тренажеры**

Не используются.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1.Рекомендуемая литература**

#### **9.1.1. Основная литература**

1. Безруких П.П., Арбузов Г.А., Виссарионов В.И. и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. изд.Наука., Санкт-Петербург, 2002 г., 314 с.
2. Велькин В.И. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учебное пособие. УГТУ, Екатеринбург, 2000 г.
3. Щеклеин С.Е. Роль нетрадиционных и возобновляемых источников энергии при реформировании электроэнергетического комплекса Свердловской области. "Энергетика региона", Екат., №2, 2001
4. Щеклеин С.Е. Малая гидроэнергетика.- УГТУ, Екатеринбург, 1999.
5. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии в XXI столетии  
Материалы Международного научно-технического симпозиума, Сочи, 2001.
6. Безруких П.П. Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии. Москва, 264 с.
7. Бабакин Б.С., Стефанчук В.И. Ковтунов Е.Е. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных машин на их основе. –М.: Колос, 2000.-160.с.: ил.
8. Велькин В.И., Шестак А.Н., Щеклеин С.Е. Основы ветроэнергетики. Юриздат, Екатеринбург, 2006 г., 92 с.
9. Расчет ресурсов солнечной энергетики / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, С. В. Кривенкова, В. А. Кузнецова, Н. К. Малинин. – М.: Издательство МЭИ, 1998 – 61 с.
10. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии», Учебное пособие / А. А. Бурмистров, В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова, Д. Н. Кунакин, Н. К. Малинин, Р. В. Пугачев / Под ред. В. И. Виссарионова. – М.: Издательский Дом МЭИ; 2007 г. – 144 с.
11. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч. 1. Определение ветроэнергетических ресурсов региона: Учеб. пособие. Елистратов В. В, Кузнецов М. В. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 20с. 2008 г.

#### **9.1.2.Дополнительная литература**

1. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича.- 2-е изд.- М.: Физматлит, 2008. – 496 с. – ISBN 978-5-9221-0851-5.
2. Violin E.E., Kalnin A.A., Pasyнков V.V., Tairov Y.M., and Yaskov D.A. «Silicon Carbide - 1968» 2nd International Conference on Silicon Carbide, published as a special issue of the Materials Research Bulletin, p.231 (1969).

3. Edmond J.A., Kong H.S., and Carter Jr. C.H. «Blue LEDs, UV photodiodes and high-temperature rectifiers in 6 H-SiC» *Physica B* 185, 453 (1993).
4. Woodall J.M., personal communication (2000).
5. Юнович А.Э., Елисеев П.Г., Излучательная рекомбинация, когерентное излучение и оптические свойства арсенида галлия // *Арсенид галлия*. Томск: Издательство ТГУ, 1968. С. 129-159.
6. Woodall J.M., Potemski R.M., Blum S.E., and Lynch R. «AlGaAs LED structures grown on GaP substrates» *Appl. Phys. Lett.* 20, 375 (1972).
7. Shubert E.F., Wang Y.H., Cho A.Y., Tu L.W., and Zyzdik G.J. «Resonant cavity light-emitting diode» *Appl. Phys. Lett.* 69, 3737 (1996).
8. Thomas D.G., Hopfield J.J., and Frosh C.J. «Isoelectronic traps due to nitrogen in gallium phosphide» *Phys. Rev. Lett.* 15, 857 (1965).
9. Сапарин Г.В., Обыден С.К., Четверикова И.Ф., Чукиев М.В. // *Бюллетень МГУ. Серия 3. Физика и астрономия*. 1983. Т.24, №3. С. 56-59.
10. Электронный ресурс <http://www.ledsvet.ru/index.php?type=special&area=1&p=articles&id=28> статья «Развитие и перспективы российского рынка светодиодных систем освещения»
11. Электронный ресурс <http://led-ivelektro.ru/news-one?id=5>
12. Электронный ресурс <http://led22.ru/ledstat/nano/nano.html> статья «Дорожная карта по светодиодам»
13. Электронный ресурс <http://www.russianelectronics.ru/engineer-r/rss-/news/49502/doc/49956/> статья «Новый ежеквартальный отчет агентства IMS Research о рынке светодиодов и MOCVD оборудования»
14. Лебедев А.И. *Физика полупроводниковых приборов*. М.: Физматлит, 2007. 420 с..
15. Toyota Gosei Corporation, Japan, *General LED catalogue* (2000)
16. Horng R.H., Wu D.S., Wei S.C. «AlGaInP/AuBe/glass light-emitting diodes fabricated by wafer bonding technology» *Appl. Phys. Lett.* 75, 154 (1999).
17. Tu L.W., Schubert E.F. «Vertical cavity surface emitting lasers with semitransparent metallic mirrors and quantum efficiencies» *Appl. Phys. Lett.* 57, 2045 (1990).
18. Palik E.D. «Handbook of optical constants of solids» Academic Press, San Diego, 1998.
19. Shin J.H., Shin S.H., Park J.I., and Kim H.H. «Properties of dc magnetron sputtered indium tin oxide films on polymeric substrates at room temperature» *J. Appl. Phys.* 89, 5199 (2001).
20. Электронный ресурс <http://ledmuseum.home.att.net/agilent.htm> (2003).

## 9.2. Методические разработки

### Учебные пособия:

1. Велькин В.И., Стариков Е.В., Гаманов К.О. *Тепловые насосы*. Екатеринбург, УМЦ УПИ, 2016, 130 с.
2. Стариков Е.В., Велькин В.И., Денисов К.С. *Солнечные фотоэлектрические системы* Екатеринбург, УМЦ УПИ, 2016, 124 с.
3. Велькин В.И. Энергоснабжение удаленного объекта на основе оптимизации кластера ВИЭ». Монография / Велькин В.И., Екатеринбург, УрФУ, 2013 г. -100 с.
4. Велькин В.И., Шестак А.Н., Щеклеин С.Е., Основы ветроэнергетики// Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2006, 140 с.
5. Велькин В.И. Биогазовые режимы и технологии. Возобновляемые источники энергии, Екатеринбург, УрФУ, 2009, 65 с.

6. Велькин В.И. Солнечная энергетика. Возобновляемые источники энергии. Екатеринбург, УрФУ, 2009 г., 60 с.

### 9.3. Программное обеспечение

- математические пакеты (Mathcad, Matlab);
- приложения MS Office;
- LabView;
- Autocad.

### 9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>
- ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
- Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
- Scopus: <http://www.scopus.com>;
- Reaxys: <http://reaxys.com>
- Государственная публичная научно-техническая библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
- Российская национальная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
- Библиотека нормативно-технической литературы. Режим доступа: <http://www.tehlit.ru>
- Электронная библиотека нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
- Электронный каталог зональной научной библиотеки УрФУ. Режим доступа: [lib.urfu.ru](http://lib.urfu.ru)
  - Leng, G. J., Monarque, A., Graham, S., Higgins, S. & Cleghorn, H. RETScreen International: Results and Impacts 1996-2012. *Minister of Natural Resources Canada*, 2004, <http://www.retscreen.net/ang/impact.php>.
  - Lambert, T., Gilman, P. & Lilienthal, P., Micropower system modeling with HOMER, in *Integration of Alternative Sources of Energy*, FA Farret and MG Simões. 2006, Wiley-IEEE Press. p. 379 – 418.
  - Skelion: A solar energy design plugin for SketchUp, December, 2011, <http://skelion.com/>
  - КСМД ВИЭ УрФУ (National Instruments).

### 9.5. Электронные образовательные ресурсы

Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>

Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>

Электронный каталог <http://opac.urfu.ru/>

Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>

Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>

Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>

В том числе

ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;

Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;

Scopus: <http://www.scopus.com>;

Reaxys: <http://reaxys.com>



Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=14110>.  
**МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Лекции читаются в аудитории, оснащённой мультимедийным проектором. Для самостоятельной работы могут использоваться: модели и масштабные макеты оборудования энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии.