

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение выс-
шего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Проектирование и эксплуатация солнечных и ветровых электростанций

Кафедра «Инженерная физика» факультета физического

Образовательная программа магистратуры

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) программы

Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

Форма обучения

очная, очно-заочная

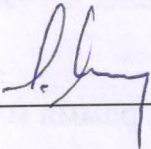
Статус дисциплины: входит в обязательную часть (Б1.О.02.01)

Махачкала, 2022

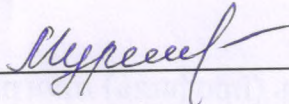
Рабочая программа дисциплины «Проектирование и эксплуатация солнечных и ветровых электростанций» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника от «28» февраля 2018 г. № 147 (изменения в ФГОС ВО, утвержденные приказом Минобрнауки России от «26» ноября 2020 г. № 1456 и от «08» февраля 2021 г. № 82).

Разработчик(и): кафедра «Инженерная физика»
Дибиров Я.А. – к. х. н., доцент

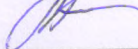
Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерная физика от «22» 03 2022г., протокол № 7

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «23»
03 2022 г., протокол № 7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «30» марта 2022 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Проектирование и эксплуатация солнечных и ветровых электростанций входит в обязательную часть ОПОП магистратуры по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой Инженерная физика.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с освоением теоретических и практических вопросов в области эксплуатации и проектирования СЭС и ВЭС.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: универсальных – УК-2, общепрофессиональных – ОПК-2.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовой проект, самостоятельная работа студентов.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиума, контрольной работы, расчетно-графического задания, курсовая работа и промежуточный контроль в форме экзаменов.

Объем дисциплины 9 зачетных единиц в очной форме обучения и 10 зачетных единиц в очно-заочной форме обучения, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Очная форма обучения

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе зачет, дифференцированный зачет, экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия				
2	180	52	26		26			92+36	экзамен
3	144	64	14	20	30			44+36	экзамен
	324	116	40	20	56			136+72	

Очно-заочная форма обучения

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе зачет, дифференцированный зачет, экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия				
2	180	28	14		14			116+36	экзамен
3	180	34	8	14	12			110+36	экзамен
	360	62	22	14	26			226+72	

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) Проектирование и эксплуатация солнечных и ветровых электростанций являются освоение теоретических и практических вопросов в области эксплуатации и проектирования СЭС и ВЭС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина Проектирование и эксплуатация солнечных и ветровых электростанций входит в обязательную часть ОПОП магистратуры по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения и процедура освоения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Участвует в управлении проектом на всех этапах жизненного цикла.	Знает: <ul style="list-style-type: none">- основы разработки концепции проекта с указанием цели его создания, способов достижения поставленной цели и формулировкой круга задач, которые необходимо решить для ее достижения;- методы оценки возможных рисков реализации проекта и способы их устранения;- методику мониторинга хода реализации проекта в соответствии с запланированными результатами;- альтернативные способы достижения намеченных результатов;- зоны ответственности участников проекта;- основные процедуры и механизмы оценки качества проекта;- инфраструктурные условия для внедрения результатов проекта. Умеет: <ul style="list-style-type: none">- разрабатывать концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы;- формулировать на основе поставленной проблемы проектную задачу;- разрабатывать план реализации проекта и планировать необходимые ресурсы с учетом возможных рисков для достижения поставленной цели оптимальными способами;- контролировать ход реализации проекта на всех его этапах;- оценивать соответствие результатов поставленных задач с запла-	Устный опрос, письменный опрос

		<p>нированными результатами контроля;</p> <ul style="list-style-type: none"> - корректировать план реализации проекта при необходимости, применять альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; - оценивать соответствие качества проекта заявленным целям и задачам; - оценивать инфраструктурные условия для внедрения результатов проекта. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками и приемами разрабатывать концепцию проекта, обеспечивающей достижение ожидаемых результатов поставленной задачи; - навыками планировать выполнение проекта с учетом имеющихся ресурсов и возможных рисков; - навыками осуществлять мониторинг хода реализации проекта, корректировать отклонения, вносить дополнительные изменения в план реализации проекта, уточнять зоны ответственности участников проекта; - навыками предлагать процедуры и механизмы оценки качества проекта, инфраструктурные условия для внедрения результатов проекта. 	
ОПК-2. Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-2.1. Выбирает необходимый метод исследования для решения поставленной задачи.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - актуальные проблемы, основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития современной возобновляемой энергетики, а также смежных областей науки и техники; - принципы планирования экспериментальных исследований для решения поставленной задачи. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований; - рассматривать возможные варианты реализации экспериментальных исследований, оценивая их достоинства и недостатки. <p>Владеет: навыками формулировать конкретные темы исследования, планировать эксперименты по заданной методике для эффективного решения поставленной задачи.</p>	Письменный опрос
	ОПК-2.2. Проводит анализ полученных результатов.	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные приемы обработки и представления результатов выполненного исследования; - передовой отечественный и зару- 	Круглый стол

		<p>бежный научный опыт и достижения по теме исследования.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать основные приемы обработки, анализа и представления экспериментальных данных; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по выполненной работе. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками обработки, анализа и интерпретации полученных данных с использованием современных информационных технологий; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по исследовательской работе. 	
	ОПК-2.3. Представляет результаты выполненной работы.	<p>Знает: современные инновационные методы представления выполненных исследований, в том числе с использованием программ презентаций.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сформулировать основные цели, задачи, и преимущества выполненных работ профессиональной деятельности; - составлять презентации и грамотно представлять результаты выполненной работы. <p>Владеет: навыками самостоятельного составления докладов и представления результатов выполненной работы современными инновационными методами.</p>	Коллоквиум

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 9 зачетных единиц в очной форме обучения, 324 академических часов и 10 зачетных единиц в очно-заочной форме обучения, 360 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

4.2.1. Структура дисциплины в очной форме

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Самостоятельная работа в т.ч. экзамен	
Модуль 1. Ресурсы солнечной энергии.								
1	Состояние и тенденции развития солнечной и ветровой энергетики в мире и	2	2	2			8	Текущий контроль: коллоквиум (2, 3 семестр), контрольная работа (2, 3 семестр),

	России.							курсовая работа (3 семестр). Промежуточная аттестация: экзамен (2, 3 семестр).
2	Основные информационные источники солнечной энергетики. Солнечное излучение на поверхности Земли. Методы расчёта ресурсов солнечной энергии. Некоторые вопросы теории теплообмена.	2	4	4			6	
3	Классификация СЭУ. Термодинамические солнечные электростанции.	2	2	2			6	
	<i>Итого по модулю 1:</i>		8	8			20	
Модуль 2. Солнечные коллекторы.								
1	Активные и пассивные системы отопления и горячего водоснабжения. Инженерный расчет активных, пассивных и гибридных систем. Солнечное охлаждение.	2	4	4			10	
2	Плоские и концентрирующие солнечные коллекторы, практические рекомендации по использованию.	2	4	4			10	
	<i>Итого по модулю 2:</i>		8	8			20	
Модуль 3. Фотоэлектрические преобразователи.								
1	Вопросы проектирования. Выбор площади СЭС. Интеграция СЭС в здания.	2	2	2			14	
2	Фотоэлектрические преобразователи. Инженерный расчет фотоэлектрических систем.	2	2	2			14	
	<i>Итого по модулю 3:</i>		4	4			28	
Модуль 4. Электроснабжение потребителей с использованием солнечной энергии.								
1	Основные принципы использования солнечной энергии для электроснабжения централизованных потребителей.	2	4	2			12	

2	Основные принципы использования солнечной энергии для электроснабжения децентрализованных потребителей.	2	2	4			12	
	<i>Итого по модулю 4:</i>		6	6			24	
Модуль 5. Подготовка к экзамену.								
	Экзамен (подготовка, сдача)	2					36	Экзамен
	ИТОГО за семестр:	2	26	26			92+36	Экзамен
Модуль 6. Классификация ветроэнергетических установок.								
1	Ветроэнергетические установки (ВЭУ) и станции (ВЭС) и их характеристики.	3	2	3			6	
2	Ветроэнергетический кадастр, годовой и суточный ход ветра.	3	1	4			5	
3	Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС.	3	1	3	6		5	
	<i>Итого по модулю 6:</i>		4	10	6		16	
Модуль 7. Основные характеристики ветроэнергетических установок. Основы проектирования ветроэлектрических станций.								
1	Надежность и экономичность функционирования ВЭС.	3	2	2			1	
2	Основные энергетические характеристики ветра и влияющие на них факторы.	3	1	2	4		1	
3	Ветроэнергетические ресурсы. Определение повторяемости скорости ветра и выработки ВЭУ и ВЭС с учетом влияющих факторов.	3	2	2	6		1	
4	Основные положения проектирования ВЭС. Современные мировые и отечественные стандарты в ветроэнергетике.	3	2	2			1	
5	Динамические процессы при работе ВЭС в электрической системе.	3	1	2	4			

	<i>Итого по модулю 7:</i>		8	10	14		4	
Модуль 8. Принципы проектирования систем комбинированного энергоснабжения.								
1	Методы многокритериальной оценки технико-экономических показателей схем энергоснабжения с участием ВЭУ.	3	1	5			12	
2	Проектирование оптимальных систем комбинированного энергоснабжения на основе ВЭУ и ВЭС в составе СЭС, МГЭС и ветродизельного комплекса.	3	1	5			12	
	<i>Итого по модулю 8:</i>		2	10			24	
Модуль 9. Подготовка к экзамену.								
	Экзамен (подготовка, сдача)	3					36	Экзамен
	ИТОГО за семестр:	3	14	30	20		44+36	Экзамен
	ИТОГО:		40	56	20		136+72	Экзамены

4.2.2. Структура дисциплины в очно-заочной форме

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Самостоятельная работа в т.ч. экзамен	
Модуль 1. Ресурсы солнечной энергии.								
1	Состояние и тенденции развития солнечной и ветровой энергетики в мире и России.	2	2				10	Текущий контроль: коллоквиум (2, 3 семестр), контрольная работа (2, 3 семестр), курсовая работа (3 семестр). Промежуточная аттестация: экзамен (2, 3 семестр).
2	Основные информационные источники солнечной энергетики. Солнечное излучение на поверхности Земли. Методы расчёта ресурсов солнечной энергии. Некоторые вопросы	2		1			10	

	теории теплообмена.							
3	Классификация СЭУ. Термодинамические солнечные электростанции.	2		1			12	
	<i>Итого по модулю 1:</i>		2	2			32	
<i>Модуль 2. Солнечные коллекторы.</i>								
1	Активные и пассивные системы отопления и горячего водоснабжения. Инженерный расчет активных, пассивных и гибридных систем. Солнечное охлаждение.	2	2	2			14	
2	Плоские и концентрирующие солнечные коллекторы, практические рекомендации по использованию.	2	2	2			14	
	<i>Итого по модулю 2:</i>		4	4			28	
<i>Модуль 3. Фотоэлектрические преобразователи.</i>								
1	Вопросы проектирования. Выбор площадки СЭС. Интеграция СЭС в здания.	2	2	2			14	
2	Фотоэлектрические преобразователи. Инженерный расчет фотоэлектрических систем.	2	2	2			14	
	<i>Итого по модулю 3:</i>		4	4			28	
<i>Модуль 4. Электроснабжение потребителей с использованием солнечной энергии.</i>								
1	Основные принципы использования солнечной энергии для электроснабжения централизованных потребителей.	2	2	2			14	
2	Основные принципы использования солнечной энергии для электроснабжения децентрализованных потребителей.	2	2	2			14	
	<i>Итого по модулю 4:</i>		4	4			28	
<i>Модуль 5. Подготовка к экзамену.</i>								
	Экзамен (подготовка, сдача)	2					36	Экзамен

	ИТОГО за семестр:		14	14			116+36	Экзамен
Модуль 6. Классификация ветроэнергетических установок.								
1	Ветроэнергетические установки (ВЭУ) и станции (ВЭС) и их характеристики.	3	1	1			8	
2	Ветроэнергетический кадастр, годовой и суточный ход ветра.	3	1	2			8	
3	Эксплуатация и управление ВЭУ и ВЭС.	3			4		11	
	<i>Итого по модулю 6:</i>		2	3	4		27	
Модуль 7. Основные характеристики ветроэнергетических установок.								
1	Надежность и экономичность функционирования ВЭС.	3	2	1			6	
2	Основные энергетические характеристики ветра и влияющие на них факторы.	3			4		9	
3	Ветроэнергетические ресурсы. Определение повторяемости скорости ветра и выработки ВЭУ и ВЭС с учетом влияющих факторов.	3		2	4		8	
	<i>Итого по модулю 7:</i>		2	3	8		23	
Модуль 8. Основы проектирования ветроэлектрических станций.								
1	Основные положения проектирования ВЭС. Современные мировые и отечественные стандарты в ветроэнергетике.	3	1	2			14	
2	Динамические процессы при работе ВЭС в электрической системе.	3	1	1	2		15	
	<i>Итого по модулю :8</i>		2	3	2		29	
Модуль 9. Принципы проектирования систем комбинированного энергоснабжения.								
1	Методы многокритериальной оценки технико-экономических показателей схем энергоснабжения с участием ВЭУ.	3	1	1			14	

2	Проектирование оптимальных систем комбинированного энергоснабжения на основе ВЭУ и ВЭС в составе СЭС, МГЭС и ветродизельного комплекса.	3	1	2			17	
	<i>Итого по модулю 9:</i>		2	3			31	
Модуль 10. Подготовка к экзамену.								
	Экзамен (подготовка, сдача)	3					36	Экзамен
	ИТОГО за семестр:		8	12	14		110+36	Экзамен
	ИТОГО:		22	26	14		226+72	Экзамены

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Ресурсы солнечной энергии.

1. *Состояние и тенденции развития солнечной и ветровой энергетики в мире и России.*

Состояние современной мировой солнечной и ветровой энергетики. Современное состояние солнечной и ветровой энергетики в России. Государственные формы поддержки развития солнечной энергетики в мире и России. Тенденции развития мировой солнечной и ветровой энергетики. Ресурсы солнечной и ветровой энергетики России.

2. *Основные информационные источники солнечной энергетики. Солнечное излучение на поверхности Земли. Методы расчёта ресурсов солнечной энергии. Некоторые вопросы теории теплообмена.*

Схема вращения Земли вокруг Солнца. Солнечное излучение (СИ) на поверхности Земли, основные потери. Спектр и основные показатели СИ. Основные переменные солнечного излучения (склонение солнца, часовой угол, продолжительность светового дня) и методы их расчета. Основные информационные источники СЭ и особенности их применения. Методы расчета прихода солнечной радиации для горизонтальной и наклоненной приемной площадок для среднесуточных или среднемесячных расчетных интервалов. Методика расчета среднечасового прихода солнечного излучения на приемную площадку. Оптимизация ориентации приемной площадки, следящей за Солнцем по углу наклона. Некоторые вопросы теплообмена, тепловой баланс Земли.

3. *Классификация СЭУ. Термодинамические солнечные электростанции.*

Основные формы преобразования солнечной энергии. Классификация СЭУ. Способы производства тепла на термодинамических солнечных станциях. Концентраторы СИ, применяемые на термодинамических солнечных станциях. Башенные тепловые СЭС. Солнечные параболоцилиндрические станции. Солнечная станция тарельчатого типа. Сопоставление технических характеристик СЭС с концентраторами. Солнечные электростанции (СЭС) с солнечным прудом.

Модуль 2. Солнечные коллекторы.

1. Активные и пассивные системы отопления и горячего водоснабжения.

Инженерный расчет активных, пассивных и гибридных систем. Солнечное охлаждение. Системы нагрева воды и отопления. Установки с естественной циркуляцией и малым расходом теплоносителя. Испытание и нормирование солнечных водонагревателей. Системы солнечного отопления с тепловыми насосами. Системы отопления с аккумулятированием тепла на основе фазовых переходов. Некоторые соображения об архитектуре зданий. Инженерные расчеты активных систем методом используемости и f-диаграмм. Проектирование систем солнечного тепло- и хладоснабжения.

2. Плоские и концентрирующие солнечные коллекторы, практические рекомендации по использованию.

Конструкции солнечных коллекторов. Плоские солнечные коллекторы. Основное уравнение энергетического баланса. Распределение температур в плоском коллекторе. Полный коэффициент тепловых потерь коллектора. Конфигурации концентрирующих солнечных коллекторов. Коэффициент концентрации и тепловые параметры коллекторов с концентраторами. Параболические концентраторы, системы с центральным приемником. Практические рекомендации проектирования плоских и концентрирующих коллекторов.

Модуль 3. Фотоэлектрические преобразователи.

1. Вопросы проектирования. Выбор площадки СЭС. Интеграция СЭС в здания.

Этапы проектирования СЭС. Выбор типа и модели фотоэлектрических модулей (ФЭМ). Выбор и обоснование участка строительства. Ориентация и угол наклона приемной площадки. Влияние затенения и загрязнения на выбор оптимального угла наклона ФМ. Размещение ФМ при многорядном их размещении в составе ФЭС. Цель интеграции ФЭС в здания. Аспекты и архитектурные критерии оценки интегрированных ФЭС в здание. Особенности использования ФЭС в городских условиях. Функционирование и обслуживание интегрированных в здания ФЭС.

2. Фотоэлектрические преобразователи. Инженерный расчет фотоэлектрических систем.

Физические основы прямого преобразования солнечной энергии в электрическую. Общие сведения о полупроводниковых материалах. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) солнечного элемента. Влияние различных факторов (интенсивности СИ, температуры, материала СЭ) на энергетические характеристики солнечного элемента (СЭ). Конструкции ФЭМ и ФЭС. Влияние соединений СЭ на ВАХ ФЭМ. Влияние на энергетические характеристики ФЭМ основных источников потерь: эффект несоответствия; температурный эффект; загрязнение; разные виды неполадок. Характеристики нагрузки и модели ФЭП. Системы с прямым подключением нагрузки к ФЭМ. Инженерные методы расчета.

Модуль 4. Электроснабжение потребителей с использованием солнечной энергии.

1. Основные принципы использования солнечной энергии для электроснабжения централизованных потребителей.

Постановка задачи, показатели качества и критерии оптимальности при проектировании сетевых СЭС. Выбор и обоснование основных параметров и показателей СЭС. Режимы работы СЭС в течение суток и года. Учёт особенностей режимов работы СЭС для энергоснабжения централизованных потребителей.

2. *Основные принципы использования солнечной энергии для электроснабжения децентрализованных потребителей.*

Основные принципы использования СЭС для электроснабжения автономных потребителей с учетом и без учета накопителей энергии. Режимы работы солнечно-дизельных энергокомплексов. Техничко-экономические показатели эксплуатации автономных СЭС.

Модуль 6. Классификация ветроэнергетических установок.

1. *Ветроэнергетические установки (ВЭУ) и станции (ВЭС), их характеристики.*

Основные классифицирующие признаки ВЭУ. Мировые и отечественные стандарты, классифицирующие ВЭУ по мощности. Классификация ВЭУ по ориентации оси вращения 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. Преобразование энергии в ВЭУ. Потери энергии в ВЭУ. Коэффициент мощности. Силы, действующие на лопасть ветроколеса. Влияние угла установки лопастей на коэффициент мощности. Рабочие характеристики ветродвигателя. Мощностная характеристика ветродвигателя.

2. *Ветроэнергетический кадастр, годовой и суточный ход ветра.*

Ветроэнергетический кадастр регионов. Определение среднемесячных, среднегодовых и средней многолетней скоростей ветра. Приведение средних данных скоростей ветра к условиям открытой ровной местности и к одной высоте над поверхностью земли.

3. *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 ветроэнергетических комплексов.

Модуль 7. Основные характеристики ветроэнергетических установок. Основы проектирования ветроэлектрических станций. (для очной формы обучения)

1. *Надежность и экономичность функционирования ВЭС.*

Требования к системам управления и защиты. Функции системы управления. Функциональные элементы системы управления. Примеры си-

стем управления ВЭУ. Пример системы управления ВЭС. Типовые режимы работы ВЭУ. Электромеханические переходные процессы в ВЭУ. Моделирование режимов работы ВЭУ.

2. Основные энергетические характеристики ветра и влияющие на них факторы.

Основные понятия и определения ветроэнергетики. Временные вариации скорости и направлений ветра. Энергетические характеристики ветра: мощность и энергия. Влияние рельефа 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. Вертикальный профиль ветра.

3. Ветроэнергетические ресурсы. Определение повторяемости скорости ветра и выработки ВЭУ и ВЭС с учетом влияющих факторов.

Модельные и натурные мощностные характеристики ВЭУ и их особенности. Методики расчета экономических ресурсов ветроэнергетики, определения выработки энергии ВЭУ при наличии исходной информации и ее ограниченном объеме. Критерии энергоэффективности ВЭУ. Влияние различных реальных условий на энергетические показатели ВЭУ. Влияние параметров ВЭУ (диаметра ВК и высоты башни) на энергетические показатели ВЭУ. Повторяемость по фактическим данным, выравнивание повторяемости. Максимальные скорости ветра на высотах 50 и 100 м. Ветроэнергетический ресурс. Влияние точности определения параметров вертикального профиля ветра (коэффициента Хеллмана, параметра шероховатости) на энергетические показатели ВЭУ. Особенности работы ВЭУ в условиях холодного климата. Потери выработки, вызванные обледенением.

4. Основные положения проектирования ВЭС. Современные мировые и отечественные стандарты в ветроэнергетике.

Информационные источники по ветровым ресурсам: Справочники по климату, Атласы ветров, климатические архивы данных в глобальной сети Интернет. Измерительные приборы. Основные этапы выбора площадки под размещение ВЭУ и ВЭС. Выбор местоположения ВЭУ в существующих локальных системах. Проблемы, идентифицирующие непригодность площадки для размещения ВЭУ. Ветромониторинг. Основные требования проведения ветромониторинга. Репрезентативность данных ветромониторинга. Современные мировые и отечественные стандарты в ветроэнергетике. Основные критерии и требования к выбору оборудования ВЭУ. Классы безопасности ВЭУ. Климатическое исполнение ВЭУ. Транспортировка и монтаж ВЭУ.

5. Динамические процессы при работе ВЭС в электрической системе.

Общие положения. ВЭС оборудована синхронным генератором. ВЭС оборудована асинхронным генератором.

Модуль 7. Основные характеристики ветроэнергетических установок. (для очно-заочной формы обучения)

1. 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.

2. Основные энергетические характеристики ветра и влияющие на них факторы.

Основные понятия и определения ветроэнергетики. Временные вариации скорости и направлений ветра. Энергетические характеристики ветра: мощность и энергия. Влияние рельефа 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. Вертикальный профиль ветра.

3. Ветроэнергетические ресурсы. Определение повторяемости скорости ветра и выработки ВЭУ и ВЭС с учетом влияющих факторов.

Модельные и натурные мощностные характеристики ВЭУ и их особенности. Методики расчета экономических ресурсов ветроэнергетики, определения выработки энергии ВЭУ при наличии исходной информации и ее ограниченном объеме. Критерии энергоэффективности ВЭУ. Влияние различных реальных условий на энергетические показатели ВЭУ. Влияние параметров ВЭУ (диаметра ВК и высоты башни) на энергетические показатели ВЭУ. Повторяемость по фактическим данным, выравнивание повторяемости. Максимальные скорости ветра на высотах 50 и 100 м. Ветроэнергетический ресурс. Влияние точности определения параметров вертикального профиля ветра (коэффициента Хеллмана, параметра шероховатости) на энергетические показатели ВЭУ. Особенности работы ВЭУ в условиях холодного климата. Потери выработки, вызванные обледенением.

Модуль 8. Принципы проектирования систем комбинированного энергоснабжения. (для очной формы обучения)

1. Методы многокритериальной оценки технико-экономических показателей схем энергоснабжения с участием ВЭУ.

Технико-экономические, экологические и др. критерии сравнительного анализа ВЭУ. Участие ВЭУ в покрытии отопительной нагрузки. Приведенные затраты при совместной работе ВЭУ с котельной и с дизельгенераторным комплексом.

2. Проектирование оптимальных систем комбинированного энергоснабжения на основе ВЭУ и ВЭС в составе СЭС, МГЭС и ветродизельного комплекса.

Общие положения. Капитальные вложения. Себестоимость производства тепло- и электроэнергии. Допущения математического моделирования и необходимые исходные данные для сравнительного анализа по многим критериям. Алгоритм расчёта режима работы комбинированных систем ВЭС с СЭС и с аккумулярованием, ВЭС с дизельным электрогенератором без аккумулярования, а также ВЭС с СЭС и МГЭС. Алгоритм расчёта режимов работы энергосистем малых мощностей при наличии аккумулярования тепловой и электрической энергии. Учёт особенностей процессов заряда и разряда аккумуляторов тепла и электричества.

Модуль 8. Основы проектирования ветроэлектрических станций. (для очно-заочной формы обучения)

1. *Основные положения проектирования ВЭС. Современные мировые и отечественные стандарты в ветроэнергетике.*

Информационные источники по ветровым ресурсам: Справочники по климату, Атласы ветров, климатические архивы данных в глобальной сети Интернет. Измерительные приборы. Основные этапы выбора площадки под размещение ВЭУ и ВЭС. Выбор местоположения ВЭУ в существующих локальных системах. Проблемы, идентифицирующие непригодность площадки для размещения ВЭУ. Ветромониторинг. Основные требования проведения ветромониторинга. Репрезентативность данных ветромониторинга. Современные мировые и отечественные стандарты в ветроэнергетике. Основные критерии и требования к выбору оборудования ВЭУ. Классы безопасности ВЭУ. Климатическое исполнение ВЭУ. Транспортировка и монтаж ВЭУ.

2. *Динамические процессы при работе ВЭС в электрической системе.*

Общие положения. ВЭС оборудована синхронным генератором. ВЭС оборудована асинхронным генератором.

Модуль 9. Принципы проектирования систем комбинированного энергоснабжения. (для очно-заочной формы обучения)

1. *Методы многокритериальной оценки технико-экономических показателей схем энергоснабжения с участием ВЭУ.*

Технико-экономические, экологические и др. критерии сравнительного анализа ВЭУ. Участие ВЭУ в покрытии отопительной нагрузки. Приведенные затраты при совместной работе ВЭУ с котельной и с дизельгенераторным комплексом.

2. *Проектирование оптимальных систем комбинированного энергоснабжения на основе ВЭУ и ВЭС в составе СЭС, МГЭС и ветродизельного комплекса.*

Общие положения. Капитальные вложения. Себестоимость производства тепло- и электроэнергии. Допущения математического моделирования и необходимые исходные данные для сравнительного анализа по многим критериям. Алгоритм расчёта режима работы комбинированных систем ВЭС с СЭС и с аккумулярованием, ВЭС с дизельным электрогенератором без аккумулярования, а также ВЭС с СЭС и МГЭС. Алгоритм расчёта режимов работы энергосистем малых мощностей при наличии аккумулярования тепловой и электрической энергии. Учёт особенностей процессов заряда и разряда аккумуляторов тепла и электричества.

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

Планы практических (семинарских) занятий

2 семестр

1. Изучение влияния угла наклона приемника на величину прихода солнечной радиации. Применение метода Лю-Джордана для расчета прихода солнечной радиации.

2. Определение оптимального угла наклона приемника для каждого месяца и года в целом.

3. Построение энергетических характеристик фотоэлектрических преобразователей. Определение линии максимальной отдачи по мощности. Учет влияния температуры окружающей среды.

4. Расчет параметров солнечной фотоэлектрической установки (СФЭУ)

для снабжения потребителя, подсоединенного к энергосистеме.

5. Расчет параметров энергокомплекса, состоящего из СФЭУ, дизельной энергоустановки (ДЭУ) и аккумуляторной батареи (АБ), предназначенного для снабжения автономного потребителя.

6. Решение контрольных задач. Расчет экономической эффективности энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии.

7. Расчет параметров схемы теплоснабжения автономного потребителя на основе солнечных тепловых коллекторов. Решение контрольных задач.

3 семестр

1. Расчет и анализ статистических характеристик ветра.

2. Учет влияния высоты расположения ветроколеса на энергетические показатели ВЭУ.

3. Расчет годовой выработки ветроэнергетической установки (ВЭУ) с использованием дифференциальной повторяемости скорости ветра.

4. Расчет годовой выработки ВЭУ по календарному ряду скорости ветра.

5. Построение среднеинтервальных характеристик ВЭУ.

6. Изучение влияния взаимного расположения агрегатов ВЭС на величину годовой выработки.

7. Работа ВЭС в локальной энергосистеме. Учет ограничений на величину реализации выработки ВЭС.

8. Работа в ОЭС энергокомплекса, включающего ВЭС и электрокотельную для целей электро- и теплоснабжения.

9. Финансово-экономическое обоснование параметров энергокомплекса ВЭС при работе в локальной системе.

10. Расчет параметров схемы энергоснабжения автономного потребителя на основе энергокомплекса, состоящего из ВЭУ, ДЭУ, солнечного коллектора, электрического котла.

4.3.3. Содержание лабораторных занятий по дисциплине.

Лабораторные работы

№ 1. Исследование вольт-амперной характеристики фотоэлектрического преобразователя энергии.

№2. Исследование эксплуатационных характеристик ветроагрегата с асинхронным генератором.

№3. Исследование эксплуатационных характеристик ветроагрегата с синхронным генератором.

№4. Исследование режимов работы ветроагрегата с синхронным генератором.

№5. Исследование режимов работы ветроагрегата с асинхронным генератором.

5. Образовательные технологии

Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, лабораторные работы, контрольные работы, коллоквиумы, курсовой проект, экзамен, компьютеры.

Лекционные занятия проводятся в форме лекций с использованием демонстрационного материала, раздаточного материала, презентаций и видеороликов.

Практические занятия включают освоение имеющегося программного обеспечения для выполнения расчетных заданий и курсовых проектов.

Лабораторные занятия проводятся с использованием современных программных средств и лабораторных установок.

Самостоятельная работа включает выполнение домашних заданий, подготовку к контрольным работам, посещение выставок и конференций, выполнение и оформление индивидуального расчетного задания, подготовку его презентации к защите, подготовку к экзамену.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе PowerPoint, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к контрольным работам;
- выполнения индивидуальных расчетно-графических заданий по основным темам дисциплины;
- написание курсовой работы.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

Расчетно-графические задания

Выбор оптимальных параметров схемы энергоснабжения автономного потребителя на основе фотоэлектрических преобразователей, ветроэнергетической установки и солнечных коллекторов.

Примерная тематика курсовых работ

1. Современное состояние энергетических ресурсов.
2. Проблемы использования энергетических ресурсов.

3. Преобразования солнечной энергии в тепло.
4. Расчет параметров автономных солнечных электростанций.
5. Теория использования энергии ветра.
6. Расчет автономных ветроэлектростанций.
7. Расчет системных ветроэлектростанций.
8. Использование геотермального тепла в системах теплоснабжения и производства электроэнергии.
9. Энергия ветра и возможности ее использования.
10. Системы солнечного теплоснабжения.
11. Определение постоянных и временных нагрузок на элементы ветроэлектростанций (ВЭУ).
12. Расчет гелиоводонагревательной и биоэнергетической установок для фермерского хозяйства.
13. Ветровая энергетика: состояние проблемы.
14. Ветроэнергетика. Климатические предпочтения для сооружения ветроустановок. Проблемы, поиск, решения.
15. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (НВИЭ) и энергосбережение.
16. Роль малой гидроэнергетики в развитии отдельных районов России.
17. Биоэнергетика. Основные технические схемы биоэнергетических установок.
18. Место и значение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в топливно-энергетическом комплексе России.
19. Перспективы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в энергетике мира и России.
20. Ветроэнергетика. Основные направления развития и технические характеристики ветроэнергетических установок.
21. Проблема отходов в России. Биотехнологии и переработки отходов и вопросы утилизации.
22. Малая гидроэнергетика. Перспективы строительства малых гидроэлектростанций (ГЭС). Общая характеристика энергоресурса и основные технические решения для его освоения.
23. Геотермальная энергетика. Основные технико-экономические предпосылки ее развития. Технические схемы реализации.
24. Расчет параметров ветровой электростанции с асинхронным и синхронным генератором.

Примерные задачи для практических занятий

Гелиоэнергетика

1. На крыше здания размещены солнечные батареи. Длина крыши $L=40$ м, ширина $S=12$ м, ЭДС СЭ $V_0=0,5$ В. Эффективность СЭ $g=2 \cdot 10^{-2}$ А/см². Определить экономию электроэнергии летом (время освещения $t=4$ часа) и зимой ($t=2,5$ часа).
Ответ: 66,12 МДж; 43,2 МДж.
2. Станции полярников для внутренних нужд требуется ежедневно 3

- кВт*ч энергии. Известно, что суммарная площадь СЭ $S=20 \text{ м}^2$, $V_0=0,5 \text{ В}$, эффективность $g=2*10^{-2} \text{ А/см}^2$. Определить суточное время освещения СЭ.
 Ответ: 1,5 часа.
3. Группе фермерских хозяйств ежесуточно необходимо 1000 кВт*ч электроэнергии. Какую площадь должны занимать СЭ при суточном времени освещения СЭ 3 часа. ЭДС СЭ $V_0=0,5 \text{ В}$, эффективность $g=2*10^{-2} \text{ А/см}^2$?
 Ответ: 3333 м.
4. Район X имеет следующие среднегодовые солнцезенергетические ресурсы: мощность светового потока, приходящего на 1 м^2 – 0,6 кВт; среднесуточное время освещения имеющегося СЭ 3,5 часа; КПД солнцезенергетической установки $h=7 \%$. Какую энергию способна давать солнцезенергетическая установка при площади коллекторов $S=15 \text{ м}^2$ за месяц работы?
 Ответ 238,14 МДж.
5. Если Земля характеризуется средней поглощательной способностью a , средней излучательной способностью e , определить отношение a/e в случаях, когда равновесная температура равна 10°C и 25°C . Диаметр Солнца $=1,389*10^9 \text{ м}$. Диаметр Земли $=1,278*10^7 \text{ м}$. Расстояние от Земли до Солнца $1,498*10^{11} \text{ м}$, эквивалентная температура Солнца $T_S=5760^\circ\text{K}$.
 Ответ: $a/e=1,08$ при $T=283^\circ\text{K}$; $a/e=1,33$ при $T=298^\circ\text{K}$.
6. Ширина запрещенной зоны полупроводника GaAs равна 1,4 эВ. Подсчитайте оптимальную длину волны излучения для фотоэлектрической генерации в СЭ из GaAs.
 Ответ: $\lambda=0,88 \text{ мкм}$.
7. Определить отношение средней поглощательной способности к средней излучательной способности a/e , когда равновесная температура тела равна 30°C .
 Ответ: $a/e=1,43$.
8. Определить температуру кремниевого СЭ, КЗ которого увеличивается в 1,08 раза. Облученность СЭ 1 кВт/м^2 . Первоначальная температура 35°C .
 Ответ: $q=161^\circ\text{C}$.
9. Мощность солнечной батареи при 25°C 300 Вт, $U=30 \text{ В}$. Батарея составлена из СЭ: $V_0=0,5 \text{ В}$, эффективность $g=2*10^{-2} \text{ А*см}^{-2}$, $S_{\text{СЭ}}=2 \text{ см}^2$. Определить параметры батареи, если она собирается при 30°C .
 Ответ: солнечная батарея из 14750 СЭ, 250 параллельно соединенных модулей, каждый из которых состоит из 59 последовательно соединенных заданных СЭ.
10. Во сколько раз изменится $I_{\text{КЗ}}$ солнечной, кремниевой батареи, при нагревании этой батареи до 120°C , если облученность батареи 1 кВт/м^2 ; первоначальная температура СЭ 50°C ?
 Ответ: увеличится в 1,059 раза.

11. Определить собственную температуру материала солнечного элемента, если произошло понижение V_0 в 1,8 раза. Облученность 1 кВт/м^2 , первоначальная температура кремниевого СЭ $t=40^\circ\text{C}$.
 Ответ: $q=153,4^\circ$.
12. Мощность солнечной батареи железнодорожной станции при 25°C равна 500 Вт . Выходное напряжение 50 В . Батарея составлена из СЭ с $V_0=0,4 \text{ В}$. Эффективность $g=2 \cdot 10^{-2} \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$, $S_{\text{СЭ}}=1 \text{ см}^2$. Определить параметры батареи, если она собирается при температуре 35°C .
 Ответ: солнечная батарея состоит из 484 СЭ, 499 параллельно соединенных модулей, каждый из которых состоит из 97 последовательно соединенных заданных СЭ.

Ветроэнергетика

1. Найти коэффициент торможения потока a , если известно, что мощность набегающего ветрового потока $P_0=1000 \text{ кВт}$, а мощность передаваемая колесу $P=500 \text{ Вт}$.
 Ответ: $a=0,125$.
2. Определить мощность P ВЭС, состоящей из 10 установок при средней скорости ветра $V=10 \text{ м/с}$, если каждое колесо ометает площадь $A=5 \text{ м}^2$, а коэффициент мощности $C_p=0,5$.
 Ответ: $P=16 \text{ кВт}$.
3. Сколько лопастей n должно содержать ветроколесо, чтобы достигнуть оптимальную быстроходность при скорости ветра U_0 и радиусе ветроколеса $R=1 \text{ м}$, если угловая скорость вращения ветроколеса $\omega=84 \text{ Гц}$?
 Ответ: $n=3$.
4. Определить на какой высоте h_{min} от поверхности земли должен находиться центр ветроколеса, если скорость ветра $V=15 \text{ м/с}$, количество лопастей колеса $n=3$ и угловая скорость вращения $\omega=6 \text{ рад/с}$.
 Ответ: $h_{\text{min}}=10,3 \text{ м}$, если ветроколесо перпендикулярно поверхности земли.
5. Определить оптимальную быстроходность для трех- и четырехлопастных ветроколес.
 Ответ: для трехлопастного $Z_0 \sim 4,2$, для четырехлопастного $Z_0 \sim p$.
6. Определить быстроходность ветроколеса, если скорость набегающего потока $U_0=25 \text{ м/с}$, радиус колеса $R=10 \text{ м}$, угловая скорость $\omega=5 \text{ рад/с}$.
 Ответ: $Z=2$.
7. С какой оптимальной частотой должно вращаться ветроколесо радиусом 1 м при скорости ветра 10 м/с и трех лопастях?
 Ответ: $n=6,6(6) \text{ Гц}$.
8. Определить частоту вращения ветроколеса турбины n , если ее мощность $P=1 \text{ кВт}$, сила лобового давления на ветроколесо $P_{\text{л max}}=200 \text{ Н}$ и радиус колеса турбины $R=1 \text{ м}$.
 Ответ: $n=2,5 \text{ Гц}$.

1. Состояние современной мировой солнечной и ветровой энергетики. Современное состояние солнечной и ветровой энергетики в России.
2. Основные компоненты ротора Дарье. Модификации ротора Дарье.
3. Государственные формы поддержки развития солнечной энергетики в мире и России. Тенденции развития мировой солнечной и ветровой энергетики. Ресурсы солнечной и ветровой энергетики России.
4. Преимущества и недостатки ВЭУ с вертикальной осью вращения.
5. Схема вращения Земли вокруг Солнца. Солнечное излучение (СИ) на поверхности Земли, основные потери. Спектр и основные показатели СИ.
6. Основные компоненты ВЭУ с горизонтальной осью вращения и их назначение: ветроколесо; системы регулирования.
7. Основные информационные источники СЭ и особенности их применения.
8. Преимущества и недостатки ВЭУ с вертикальной осью вращения. Основные формы преобразования солнечной энергии. Классификация СЭУ.
9. Основные компоненты ВЭУ с горизонтальной осью вращения и их назначение: устройства ориентации на ветер; генераторы; башня ВЭУ.
10. Башенные тепловые СЭС. Солнечные параболоцилиндрические станции. Солнечная станции тарельчатого типа.
11. Основные компоненты ВЭУ с горизонтальной осью вращения и их назначение: фундаменты оффшорных и береговых ВЭУ.
12. Конструкции солнечных коллекторов. Плоские солнечные коллекторы. Основное уравнение энергетического баланса.
13. Работа ветродвигателя без регулирования. Способы ограничения крутящего момента.
14. Этапы проектирования СЭС. Выбор и обоснование участка строительства.
15. Регулирование крутящего момента поворотом лопасти. Регулирование срывом потока.
16. Постановка задачи, показатели качества и критерии оптимальности при проектировании сетевых СЭС.
17. Типовые структуры ветроэнергетических комплексов.
18. Выбор и обоснование основных параметров и показателей СЭС. Режимы работы СЭС в течение суток и года.
19. Основные понятия и определения ветроэнергетики. Временные вариации скорости и направлений ветра.
20. Устройство и принцип действия солнечного коллектора. Классификация солнечных коллекторов.
21. Энергетические характеристики ветра: мощность и энергия.
22. ВЭУ с вертикальной осью вращения: роторы Савониуса, чашечные роторы, роторы Дарье, барабанные роторы.
23. Устройство и принцип действия солнечного коллектора. Классификация солнечных коллекторов.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1. Общий результат по модулю выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущей работы - 40 % и текущего контроля - 10 %.

Текущий работа по дисциплине включает:

- посещение занятий - 5 баллов,
- участие на практических занятиях - 20 баллов,
- выполнение лабораторных заданий - 15 баллов.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - баллов,
- письменная контрольная работа - 10 баллов,

2. Промежуточный контроль

- устный опрос - 30 баллов,
- письменная контрольная работа - 20 баллов.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) адрес сайта курса

phys.dgu.ru

<http://cathedra.dgu.ru/OfTheDepartment.aspx?id=2563>

б) основная литература:

1. Бабаев, Б.Д. Ресурсы возобновляемых источников энергии Республики Дагестан [Текст]: учеб.-справ. пособие / Бабаев, Баба Джабраилович. - Махачкала: Радуга, 2015. - 102 с.
2. Основы современной энергетики. Том 2. Современная электроэнергетика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Ю.К. Розанов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010. — 650 с. — 978-5-383-00503-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33144.html>
3. Янсон Р.А. Ветроустановки [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсам «Ветроэнергетика», «Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников энергии», «Введение в специальность» / Р.А. Янсон. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. — 37 с. — 5-7038-2919-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30930.html>
4. Безруких П.П. Ветроэнергетика [Электронный ресурс]: справочное и методическое пособие / П.П. Безруких. — Электрон. текстовые данные. — М. : Энергия, Институт энергетической стратегии, 2010. — 315 с. — 978-5-98908-032-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/3687.html>

в) дополнительная литература:

1. Фортов, В.Е. Энергетика в современном мире [Текст]/ Фортов, Владимир Евгеньевич, О. С. Попель. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 167 с.
2. да Роза, Альдо В. Возобновляемые источники энергии: Физико-технические основы [Текст]: [учеб. пособие] / да Роза, Альдо В.; пер. с англ. под ред. С.П.Малышенко, О.С.Попеля. - Долгопрудный; М.: Интеллект; ИД МЭИ, 2010. - 702 с.
3. Казарян В.А. Подземные аккумуляторы энергоносителей в энергетике [Электронный ресурс] / В.А. Казарян. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013. — 320 с. — 978-5-4344-0106-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28908.html>
4. Иванов В.Л. Приемники и аккумуляторы теплового излучения Солнца [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсам «Источники, концентраторы, приемники энергии», «Теплообменные аппараты» / В.Л. Иванов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. — 68 с. — 5-7038-2937-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31165.html>
5. Основы современной энергетике. Том 1. Современная теплоэнергетика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Д. Трухний [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010. — 493 с. — 978-5-383-00502-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33143.html>

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
2. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг.гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>
3. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный.
4. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks (www.iprbookshop.ru). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.
5. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks (www.iprbookshop.ru) для лиц с ОВЗ от 02.10.2020

6. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: www.biblioclub.ru. Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. 537наименований.
7. **Springer**. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP, подписанный Министерством образования и науки, предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанному ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок.
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
9. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действия договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023 г.
10. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть.
11. **Scopus** издательства Elsevier B.V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>
12. **Wiley Online Library**. Коллекция журналов Freedom Collection издательства Elsevier. Письмо РФФИ от 17.07.2010 г. № 742 о предоставлении лицензионного доступа к электронному ресурсу Freedom Collection издательства Elsevier в 2022 г. <https://onlinelibrary.wiley.com/>
13. **Международное издательство Springer Nature**. Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>
14. **Журналы American Physical Society**. Базы данных APS (American Physical Society). Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2022 г. <http://journals.aps.org/about>
15. **Журналы Royal Society of Chemistry**. База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>
16. **Журнал Science (AAAS)** <http://www.sciencemag.org/>
17. **Единое окно** <http://window.edu.ru/> (интернет ресурс)
18. Дагестанский региональный ресурсный центр <http://rrc.dgu.ru/>
19. **Нэikon** <http://archive.neicon.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы. Методические указания не должны подменять учебную литературу, а должны мотивировать студента к самостоятельной работе.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам, для подготовки к занятиям представлен в разделе «Учебно-методическое обеспечение. Литература».

Лекционный курс. Лекция является основной формой обучения в ВУЗе. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования студент делает необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, своими словами, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. В ходе изучения дисциплины особое значение имеют рисунки, поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все рисунки, сделанные преподавателем на доске. Вопросы, возникшие у Вас в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю.

Студенту необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

1. Федеральный центр образовательного законодательства. <http://www.lexed.ru>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
4. База данных электронных библиотечных ресурсов Elsevier <http://elsevierscience.ru>
5. Информационные ресурсы издательства Springer <http://www.springerlink.com/journals>
6. Библиотека Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) <http://rffi.molnet.ru/rffi/ru/lib>
7. Электронные источники научно-технической информации некоммерческого партнерства «Национальный электронно информационный консорциум» <http://www.neicon.ru>
8. Ресурсы Университетской информационной системы Россия (УИС Россия) <http://uisrussia.msu.ru>
9. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (ИС «Единое ок-

но») <http://window.edu.ru>

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской для представления презентаций лекций и показа учебных фильмов.