

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32


УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

О.Я. Солёная



(инициалы, фамилия)

(подпись)

«18» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Распределенные интеллектуальные энергосистемы»

(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.03.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности/ специализации	Цифровая энергетика
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



18.02.2026

(подпись, дата)

В.П. Кузьменко

(инициалы, фамилия)

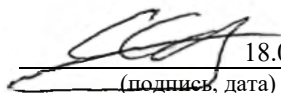
Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«18» февраля 2026 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



18.02.2026

(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



18.02.2026

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Распределенные интеллектуальные энергосистемы» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности/специализации «Цифровая энергетика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ПК-5 «Способен проводить анализ и контроль параметров и условий работы отдельных компонентов электроэнергетической системы»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с интеграцией, управлением и оптимизацией работы распределенных энергетических ресурсов и электроэнергетических систем.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: (лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося).

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (6 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Цель преподавания данной дисциплины состоит в развитии у обучающихся знаний, навыков и аналитического опыта, необходимого для понимания и эффективного проектирования алгоритмов управления распределенными энергетическими в инфраструктуре электроснабжения.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способен проводить анализ и контроль параметров и условий работы отдельных компонентов электроэнергетической системы	ПК-5.Д.1 анализирует зависимости между параметрами и характеристиками компонентов электроэнергетической системы ПК-5.Д.5 осуществляет оценку текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы ПК-5.Д.6 анализирует графики электрических нагрузок потребителей и определяет факторы, которые влияют на потребление электрической энергии

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Энергетическая электротехника»,
- «Математические основы теории энергетических систем»,
- «Энергетическая электротехника»,
- «Моделирование и оптимизация в электроэнергетике».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и вспомогательное использование при прохождении производственной преддипломной практики и подготовке выпускной квалификационной работы, и изучении других дисциплин:

- «Система цифровой диспетчеризации»,
- «Киберфизические системы и технологии»,
- «Надежность электромеханических и электроэнергетических систем и комплексов».

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
--------------------	-------	---------------------------

		№6
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины,</b> ЗЕ/ (час)	2/ 72	2/ 72
<b>Из них часов практической подготовки</b>	17	17
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	38	38
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Дифф. зач.,	Дифф. зач.,

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Семестр 6					
Раздел 1. Введение в распределенные интеллектуальные электроэнергетические системы Тема 1.1. Обзор современных электроэнергетических систем Тема 1.2. Распределенные интеллектуальные сети и передовое управление сетями. Основы распределенной генерации и микросетей. Основные аспекты микросетей Тема 1.3. Значение интеллекта в электроэнергетических системах Тема 1.4. Основные проблемы и возможности распределенных интеллектуальных систем	3		3		10
Раздел 2. Искусственный интеллект в энергосистемах Тема 2.1. Основы искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) Тема 2.2. Методы ИИ, применяемые в электроэнергетических системах Тема 2.3. Нейронные сети. Деревья решений и случайные леса. Обучение с применением подкрепления Тема 2.4. Применение ИИ для обнаружения неисправностей, прогнозирования нагрузки и управления активами	8		8		18

Раздел 3. Управление и мониторинг распределенных систем Тема 3.1. Компоненты распределенных систем и их параметры Тема 3.2. Сенсорные технологии и IoT в энергосистемах Тема 3.3. Стратегии управления распределенной генерацией Тема 3.4. Роль коммуникационных инфраструктур в интеллектуальном управлении	3		3		5
Раздел 4. Расширенные темы в области распределенных интеллектуальных энергосистем Тема 4.1. Накопители энергии и их роль в распределенных системах Тема 4.2. Интеграция возобновляемых источников энергии и проблемы Тема 4.3. Устойчивость сети и аспекты безопасности в интеллектуальных системах Тема 4.4. Будущие тенденции: на пути к полностью цифровым и интеллектуальным электросетям	3		3		5
Итого в семестре:	17		17		38
Итого	17	0	17	0	38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Введение в распределенные интеллектуальные электроэнергетические системы</p> <p>Тема 1.1. Обзор современных электроэнергетических систем. Назначение электроэнергетической системы. Основные элементы энергосистемы: источники генерации, линии электропередачи, подстанции, распределительные сети и потребители. <i>Лекция беседа.</i> Общие понятия надежности, устойчивости, эффективности и баланса мощности.</p> <p>Тема 1.2. Распределенные интеллектуальные сети и передовое управление сетями. <i>Демонстрация слайдов.</i> Понятие распределенной интеллектуальной сети. Отличие традиционной централизованной энергосистемы от распределенной системы. Роль измерительных устройств, автоматизации, цифрового мониторинга и обмена данными.</p> <p>Тема 1.3. Основы распределенной генерации и микросетей. <i>Демонстрация слайдов.</i> Понятие распределенной генерации. Микросеть как локальная энергетическая система. Режимы работы микросети: совместно с основной сетью и автономно. Примеры источников распределенной генерации: солнечные панели, ветроустановки, малые генераторы, накопители энергии.</p>

	<p>Тема 1.4. Значение интеллектуальных технологий в электроэнергетических системах. <i>Лекция-беседа.</i> Роль анализа данных, прогнозирования и автоматизированного принятия решений в современных энергосистемах. Основные проблемы и возможности распределенных интеллектуальных систем: переменный характер генерации, изменение нагрузки, необходимость мониторинга и повышения надежности.</p>
2	<p>Раздел 2. Искусственный интеллект в энергосистемах</p> <p>Тема 2.1. Основы искусственного интеллекта и машинного обучения. <i>Демонстрация слайдов.</i> Понятие искусственного интеллекта и машинного обучения на прикладном уровне. Данные, признаки, обучающая и тестовая выборки. Простая логика построения модели: сбор данных, обучение, проверка качества, применение результата.</p> <p>Тема 2.2. Методы искусственного интеллекта, применяемые в электроэнергетических системах. <i>Лекция с разбором конкретных ситуаций.</i> Применение методов анализа данных для прогнозирования электрической нагрузки, выявления отклонений, оценки состояния оборудования и поддержки принятия решений. Примеры входных данных: температура, время суток, день недели, историческое потребление, параметры сети.</p> <p>Тема 2.3. Нейронные сети, деревья решений и случайные леса. <i>Демонстрация слайдов.</i> Общее представление о нейронной сети как модели, выявляющей зависимости в данных. Понятие слоя, обучения, ошибки прогноза и переобучения без углубления в математический аппарат. Дерево решений как последовательность простых правил. Случайный лес как совокупность деревьев решений для повышения устойчивости результата.</p> <p>Тема 2.4. Обучение с подкреплением в задачах управления энергосистемами. <i>Лекция-беседа.</i> Общее представление о выборе действий в изменяющейся среде. Агент, состояние, действие, вознаграждение. Простые примеры: управление накопителем энергии, выбор режима работы микросети, снижение пиковых нагрузок.</p> <p>Тема 2.5. Применение ИИ для обнаружения неисправностей, прогнозирования нагрузки и управления активами. <i>Лекция-беседа.</i> Обнаружение аномальных режимов и неисправностей по данным измерений. Прогнозирование нагрузки на основе погодных и временных факторов. Использование результатов прогноза для планирования генерации, обслуживания оборудования и повышения надежности энергоснабжения.</p>
3	<p>Раздел 3. Управление и мониторинг распределенных систем</p> <p>Тема 3.1. Компоненты распределенных систем и их параметры. <i>Демонстрация слайдов.</i> Основные элементы распределенной энергосистемы: источник питания, распределенный источник, нагрузка, линия, накопитель, измерительное устройство, контроллер. Основные параметры: напряжение, ток, мощность, сопротивление линии, потери, падение напряжения.</p> <p>Тема 3.2. Сенсорные технологии и IoT в энергосистемах. <i>Демонстрация слайдов.</i> Назначение датчиков и интеллектуальных счетчиков. Сбор данных о потреблении, генерации, напряжении, токе, температуре и состоянии оборудования. Роль IoT-устройств в мониторинге распределенных энергетических объектов.</p> <p>Тема 3.3. Стратегии управления распределенной генерацией. <i>Демонстрация слайдов.</i> Управление балансом генерации и потребления. Регулирование</p>

	напряжения и частоты на базовом уровне. Влияние распределенной генерации на потери и режимы работы сети. Простейшие сценарии управления микросетью при изменении нагрузки и выработки. Тема 3.4. Роль коммуникационных инфраструктур в интеллектуальном управлении. <i>Лекция-дискуссия</i> . Передача данных между датчиками, контроллерами и диспетчерскими системами. Значение своевременности, достоверности и защищенности данных для управления энергосистемой. Ограничения цифровой инфраструктуры и возможные последствия ошибок передачи данных.
4	<p>Раздел 4. Расширенные темы в области распределенных интеллектуальных энергосистем</p> <p>Тема 4.1. Накопители энергии и их роль в распределенных системах. <i>Лекция-дискуссия</i>. Назначение накопителей энергии в микросетях. Заряд и разряд накопителя. Использование накопителей для сглаживания колебаний нагрузки и генерации, повышения устойчивости и обеспечения резервного питания.</p> <p>Тема 4.2. Интеграция возобновляемых источников энергии. <i>Лекция-дискуссия</i>. Солнечная и ветровая генерация как источники с переменной выработкой. Основные проблемы интеграции: зависимость от погодных условий, необходимость прогнозирования, влияние на баланс мощности и режимы сети.</p> <p>Тема 4.3. Устойчивость сети и аспекты безопасности в интеллектуальных системах. <i>Демонстрация слайдов</i>. Понятие устойчивой работы энергосистемы на прикладном уровне. Возмущения, перегрузки, резкие изменения нагрузки, отказ оборудования. Общие представления о кибербезопасности интеллектуальных энергосистем: защита данных, обнаружение аномалий, снижение риска некорректных управляющих воздействий.</p> <p>Тема 4.4. Будущие тенденции: цифровые и интеллектуальные электросети. <i>Лекция-беседа. Лекция-дискуссия</i>. Развитие цифровых двойников, автоматизированного мониторинга, прогнозной аналитики, интеллектуального управления нагрузкой и распределенной генерацией. Переход от традиционных сетей к более гибким, наблюдаемым и управляемым энергетическим системам.</p>

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки,	№ раздела дисциплины
-------	---------------------------------	---------------------	---------------------------------	----------------------



			(час)	лины
Семестр 7				
1	Моделирование и анализ базовой распределенной энергосистемы	3	3	1
2	Прогнозирование спроса на нагрузку с помощью машинного обучения, приведенного к модели линейной регрессии.	4	4	2
3	Прогнозирование нагрузки в энергосистемах с использованием искусственных нейронных сетей	4	4	2
4	Оптимизация распределенного распределения энергоресурсов с использованием искусственного интеллекта	3	3	3
5	Моделирование и оптимизация распределенной энергетической системы с применением методов искусственного интеллекта	3	3	4
Всего		17	17	

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся  
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	25	25
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	5	5
Домашнее задание (ДЗ)	2	2
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	6	6
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения  
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
004.4 О-75	Основы программирования на языке Python : учебно-методическое пособие / А. И. Савельев [и др.] ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2019. - 38 с. : табл. - Библиогр.: с. 37 (3 назв.). - Б. ц. - Текст : непосредственный.	5
621.31 С 60	Солёный, Сергей Валентинович. Цифровые двойники в электроэнергетике [Текст] : учебное пособие / С. В. Солёный, В. П. Кузьменко, В. Е. Белай, 2023. - 106 с.	5
621.31 К 89	Распределенные интеллектуальные энергосистемы : лабораторный практикум / В. П. Кузьменко, С. В. Солёный, А. В. Рысин ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2024. - 76 с. : рис. - Библиогр.: с. 73 (3 назв.). - 97.13 р.	5
URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/322787">https://e.lanbook.com/book/322787</a>	Баширов, М. Г. Интеллектуальные средства и системы управления и защиты электрических сетей : учебное пособие / М. Г. Баширов, Э. М. Баширова, И. Г. Юсупова. — Уфа : УГНТУ, 2021. — 65 с. — ISBN 978-5-7831-2160-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: для авториз. пользователей.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов  
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="https://pro.guap.ru/">https://pro.guap.ru/</a>	Методические рекомендации для самостоятельной подготовки, учебно-методические материалы по темам, мультимедийные презентации по темам, извлечения из нормативно-правовых актов по дисциплине размещены <a href="#">внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»</a>

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Python v3.1x (свободно распространяемое)
2	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» ( <a href="https://pro.guap.ru/">https://pro.guap.ru/</a> ) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке <a href="https://guap.ru/it/system/iso">https://guap.ru/it/system/iso</a>
3	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» ( <a href="https://guap.ru/">https://guap.ru/</a> ), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
4	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке <a href="https://guap.ru/it/system/iso/po">https://guap.ru/it/system/iso/po</a> )

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» ( <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
2	ЭБС «Лань» ( <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС Znanium ( <a href="https://znanium.ru/">https://znanium.ru/</a> ), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	Ассоциация ВИЭ, Академия ВИЭ. <a href="https://rawi.ru/academy/">https://rawi.ru/academy/</a> Доступно авторизованным пользователям
5	Библиотека электронного журнала «Энергетика и промышленность России». <a href="https://www.eprussia.ru/lib/">https://www.eprussia.ru/lib/</a> Доступно авторизованным пользователям

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лаборатория компьютерного моделирования: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ - Дисплей	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

	интерактивный НТС- 1 шт. Лабораторное оборудование: ПЭВМ – «Место рабочее автоматизированное» – 18 шт. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	
2	Компьютеры с установленным на них ПО из таблицы 10	31-04 Б.М. (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

#### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> <li>– правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> <li>– правильно выполнил менее 60% тестовых заданий**.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы дифф. зачета

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

№ п/п	Перечень вопросов дифф. зачета	Код индикатора
1	Определите основные компоненты современной электроэнергетической системы: источники генерации, линии электропередачи, подстанции, распределительные сети и потребителей. Поясните назначение каждого компонента.	ПК-5.Д.1
2	Проанализируйте зависимость между напряжением, током, сопротивлением и мощностью на примере простого участка распределительной сети.	
3	Объясните, как изменение сопротивления нагрузки влияет на ток, потребляемую мощность и падение напряжения в распределительной линии.	
4	Проанализируйте, как увеличение нагрузки потребителя влияет на режим работы распределительной сети и возможные потери электроэнергии.	
5	Объясните, почему при передаче электроэнергии возникают потери в линиях, и укажите, от каких параметров они зависят.	

6	Проанализируйте влияние распределенной генерации на параметры участка сети: ток, мощность, падение напряжения и нагрузку основного источника питания.	
7	Сравните централизованную и распределенную структуру электроснабжения по характеру генерации, управлению потоками мощности и устойчивости к отказам.	
8	Объясните, как параметры солнечной или ветровой генерации могут влиять на режим работы микросети.	
9	Проанализируйте зависимость между уровнем генерации распределенного источника и объемом мощности, потребляемой из основной сети.	
10	Объясните, как накопитель энергии влияет на баланс мощности в распределенной энергосистеме при изменении нагрузки или генерации.	
11	Проанализируйте зависимость между температурой окружающей среды и электрической нагрузкой потребителей на примере задачи прогнозирования нагрузки.	
12	Определите, какие параметры распределенной энергосистемы необходимо контролировать для оценки ее текущего состояния.	
13	Объясните, как изменение напряжения в узле сети может быть связано с изменением нагрузки, сопротивления линии и режима генерации.	
14	Проанализируйте влияние переменного характера возобновляемых источников энергии на параметры распределенной электроэнергетической системы.	
15	По заданному описанию микросети определите основные связи между ее компонентами: источниками питания, нагрузками, накопителем энергии и системой управления.	
16	Определите текущее состояние электроэнергетического режима по заданным значениям напряжения, тока, мощности и нагрузки. Укажите возможные признаки нормального и перегруженного режима.	ПК-5.Д.5
17	Оцените, как изменится электроэнергетический режим участка сети при увеличении потребляемой мощности нагрузки.	
18	Оцените влияние подключения распределенного источника генерации на текущий режим работы сети и нагрузку основного источника питания.	
19	По заданным данным о нагрузке за несколько часов определите период максимального потребления и возможные причины его возникновения.	ПК-5.Д.5
20	Объясните, какие данные необходимы для прогнозирования электроэнергетического режима распределенной системы на ближайший период времени.	
21	Оцените прогнозируемый режим микросети при снижении выработки солнечной генерации и одновременном росте нагрузки потребителей.	
22	Проанализируйте, как накопитель энергии может использоваться для поддержания режима энергосистемы при кратковременном дефиците генерации.	
23	Оцените, какие изменения режима могут возникнуть при резком увеличении потребления электроэнергии группой потребителей.	

24	Объясните, как прогноз нагрузки может использоваться для планирования работы распределенной генерации и накопителей энергии.	
25	По заданному графику изменения нагрузки определите участки, где возможно возникновение перегрузки или неэффективного режима работы сети.	
26	Оцените влияние погодных факторов на прогнозируемый режим энергосистемы при наличии солнечной или ветровой генерации.	
27	Объясните, как данные интеллектуальных счетчиков и датчиков могут использоваться для оценки текущего режима распределенной энергосистемы.	
28	Проанализируйте, какие ошибки могут возникнуть при прогнозировании режима энергосистемы, если не учитывать температуру, день недели или характер потребления.	
29	Оцените роль методов машинного обучения при прогнозировании нагрузки и состояния распределенной энергосистемы.	
30	По заданному описанию ситуации в микросети предложите общее решение для поддержания устойчивого режима: изменение генерации, использование накопителя или снижение нагрузки.	ПК-5.Д.6
31	Проанализируйте суточный график электрической нагрузки потребителей и определите периоды минимального, среднего и максимального потребления.	
32	По заданному графику нагрузки определите пиковые часы потребления и объясните возможные причины появления пиков.	
33	Объясните, как время суток влияет на потребление электрической энергии различными группами потребителей.	
34	Проанализируйте влияние дня недели на электрическую нагрузку потребителей на примере рабочих и выходных дней.	
35	Объясните, почему температура окружающей среды может быть важным фактором, влияющим на потребление электрической энергии.	
36	По заданным данным о температуре и нагрузке определите, наблюдается ли зависимость между ними, и опишите характер этой зависимости.	ПК-5.Д.6
37	Проанализируйте график зависимости электрической нагрузки от температуры и укажите, в каких диапазонах нагрузка возрастает наиболее заметно.	
38	Определите основные факторы, влияющие на форму графика электрической нагрузки: бытовое потребление, производственная активность, климатические условия и режим дня.	
39	Сравните графики электрической нагрузки для двух групп потребителей и укажите возможные причины различий между ними.	
40	По заданному графику нагрузки определите, требуется ли применение накопителя энергии или перераспределение нагрузки для снижения пикового потребления.	
41	Объясните, как прогнозирование графиков нагрузки помогает повысить надежность и эффективность работы распределенной энергосистемы.	
42	Проанализируйте, как подключение возобновляемого источника энергии может изменить график потребления мощности из основной сети.	

43	По заданным историческим данным нагрузки определите тенденцию изменения потребления и сделайте простой прогноз на следующий период.	
44	Объясните, как методы линейной регрессии могут применяться для анализа и прогнозирования графиков электрических нагрузок.	
45	Проанализируйте возможные причины отклонения фактического графика нагрузки от прогнозируемого: изменение погоды, режима работы потребителей, аварийные ситуации или ошибки исходных данных.	

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
<p><b>1 тип.</b> Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</p>		
1	<p><u>Какие из следующих задач наиболее характерны для распределенных интеллектуальных энергосистем?</u></p> <p>а) Мониторинг состояния оборудования  б) Управление энергопотреблением  в) Управление умным домом  г) Анализ больших данных</p>	ПК-5.Д.1
2	<p><u>Какой набор данных наиболее необходим для оценки текущего электроэнергетического режима распределенной сети?</u></p> <p>а) Напряжение, ток, активная и реактивная мощность, параметры нагрузки  б) Только число потребителей  в) Только тип корпуса измерительного устройства  г) Только год выпуска оборудования</p>	ПК-5.Д.5
3	<p><u>Какие меры безопасности необходимо учитывать при разработке распределенных интеллектуальных энергосистем?</u></p> <p>а) Аутентификация пользователей  б) Защита от кибератак  в) Шифрование данных  г) Все вышеперечисленное</p>	ПК-5.Д.6
<p><b>2 тип.</b> Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</p>		
4	<p><u>Какие из следующих задач наиболее характерны для обеспечения отказоустойчивости в распределенных интеллектуальных энергосистемах?</u></p> <p>а) Мониторинг состояния оборудования  б) Управление умным домом  в) Мониторинг энергопотребления  г) Анализ больших данных</p>	ПК-5.Д.1
5	<u>Какие данные целесообразно использовать для прогнозирования</u>	ПК-5.Д.5



	<u>электроэнергетического режима микросети?</u> а) Исторические значения нагрузки б) Температура и другие погодные факторы в) Ожидаемая выработка возобновляемых источников энергии г) Цветовое оформление оборудования											
6	<u>Какие из следующих технологий используются для обеспечения масштабируемости в распределенных интеллектуальных энергосистемах?</u> а) Облачные вычисления б) Интернет вещей (IoT) в) Датчики г) Машинное обучение	ПК-5.Д.6										
<b>3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия</b>  Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, выберите соответствующую позицию в правом столбце												
7	<u>Сопоставьте методы хранения энергии к предложенным категориям.</u> <table><tr><td rowspan="4">1) Краткосрочные</td><td>а) Батареи</td></tr><tr><td>б) Гидроаккумулирующие станции</td></tr><tr><td>в) Сжатый воздух</td></tr><tr><td>г) Тепловые накопители</td></tr><tr><td rowspan="4">2) Долгосрочные</td><td>д) Водородные топливные элементы</td></tr><tr><td>е) Электрохимические конденсаторы</td></tr><tr><td>ж) Механические накопители</td></tr><tr><td>з) Химические накопители</td></tr></table>	1) Краткосрочные	а) Батареи	б) Гидроаккумулирующие станции	в) Сжатый воздух	г) Тепловые накопители	2) Долгосрочные	д) Водородные топливные элементы	е) Электрохимические конденсаторы	ж) Механические накопители	з) Химические накопители	ПК-5.Д.1
1) Краткосрочные	а) Батареи											
	б) Гидроаккумулирующие станции											
	в) Сжатый воздух											
	г) Тепловые накопители											
2) Долгосрочные	д) Водородные топливные элементы											
	е) Электрохимические конденсаторы											
	ж) Механические накопители											
	з) Химические накопители											
8	<u>Сопоставьте признаки режима энергосистемы с предложенными категориями.</u> <table><tr><td rowspan="4">1) Текущий электроэнергетический режим</td><td>а) Текущие значения напряжения и тока</td></tr><tr><td>б) Фактическая активная мощность нагрузки</td></tr><tr><td>в) Прогноз температуры воздуха на следующий период</td></tr><tr><td>г) Прогноз выработки солнечной электростанции</td></tr><tr><td rowspan="4">2) Прогнозируемый электроэнергетический режим</td><td>д) Текущий уровень заряда накопителя энергии</td></tr><tr><td>е) Ожидаемый график нагрузки на ближайшие часы</td></tr><tr><td>ж) Текущие значения перетоков мощности</td></tr><tr><td>з) Прогноз изменения состава работающих источников генерации</td></tr></table>	1) Текущий электроэнергетический режим	а) Текущие значения напряжения и тока	б) Фактическая активная мощность нагрузки	в) Прогноз температуры воздуха на следующий период	г) Прогноз выработки солнечной электростанции	2) Прогнозируемый электроэнергетический режим	д) Текущий уровень заряда накопителя энергии	е) Ожидаемый график нагрузки на ближайшие часы	ж) Текущие значения перетоков мощности	з) Прогноз изменения состава работающих источников генерации	ПК-5.Д.5
1) Текущий электроэнергетический режим	а) Текущие значения напряжения и тока											
	б) Фактическая активная мощность нагрузки											
	в) Прогноз температуры воздуха на следующий период											
	г) Прогноз выработки солнечной электростанции											
2) Прогнозируемый электроэнергетический режим	д) Текущий уровень заряда накопителя энергии											
	е) Ожидаемый график нагрузки на ближайшие часы											
	ж) Текущие значения перетоков мощности											
	з) Прогноз изменения состава работающих источников генерации											

9	<p><u>Сопоставьте типы сетей к предложенным категориям.</u></p> <table><tr><td rowspan="4">1) Умные сети</td><td>а) Сети с двухсторонней связью</td></tr><tr><td>б) Сети с односторонней связью</td></tr><tr><td>в) Сети с интеграцией возобновляемых источников</td></tr><tr><td>г) Сети без интеграции возобновляемых источников</td></tr><tr><td rowspan="4">2) Традиционные сети</td><td>д) Сети с автоматическим управлением</td></tr><tr><td>е) Сети с ручным управлением</td></tr><tr><td>ж) Сети с мониторингом в реальном времени</td></tr><tr><td>з) Сети без мониторинга в реальном времени</td></tr></table>	1) Умные сети	а) Сети с двухсторонней связью	б) Сети с односторонней связью	в) Сети с интеграцией возобновляемых источников	г) Сети без интеграции возобновляемых источников	2) Традиционные сети	д) Сети с автоматическим управлением	е) Сети с ручным управлением	ж) Сети с мониторингом в реальном времени	з) Сети без мониторинга в реальном времени	ПК-5.Д.6
1) Умные сети	а) Сети с двухсторонней связью											
	б) Сети с односторонней связью											
	в) Сети с интеграцией возобновляемых источников											
	г) Сети без интеграции возобновляемых источников											
2) Традиционные сети	д) Сети с автоматическим управлением											
	е) Сети с ручным управлением											
	ж) Сети с мониторингом в реальном времени											
	з) Сети без мониторинга в реальном времени											
<p><b>4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности</b></p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо</p>												
10	<p><u>Составьте правильную последовательность этапов управления энергопотреблением:</u></p> <p>а) Оптимизация потребления б) Сбор данных в) Внедрение решений г) Анализ данных</p>	ПК-5.Д.1										
11	<p><u>Составьте правильную последовательность оценки прогнозируемого режима микросети:</u></p> <p>а) Анализ возможных отклонений и риска перегрузки б) Сбор исходных данных о текущем режиме в) Формирование прогноза нагрузки и генерации г) Определение возможных управляющих действий</p>	ПК-5.Д.5										
12	<p><u>Составьте правильную последовательность шагов создания распределенной энергосистемы:</u></p> <p>а) Оценка потребностей б) Установка оборудования в) Разработка проекта г) Тестирование и ввод в эксплуатацию</p>	ПК-5.Д.6										
<p><b>5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом</b></p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание</p>												
13	<p><u>Какие преимущества и вызовы связаны с интеграцией умных счетчиков в энергосистему?</u></p>	ПК-5.Д.1										
14	<p><u>Какие действия необходимо выполнить для оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима микросети?</u></p>	ПК-5.Д.5										
15	<p><u>Какие факторы следует учитывать при выборе системы хранения энергии?</u></p>	ПК-5.Д.6										

Примечание:

1-й тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2-й тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3-й тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца).

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4-й тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5-й тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.

Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла.

Если допущена одна ошибка\неточность\ответ правильный, но не полный – 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки\ответ неправильный\ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат

конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Структура лекционного материала и типы взаимодействий между преподавателем и обучающимися в рамках лекционных занятий описаны в таблице 4.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах.

*Учебным планом не предусмотрено.*

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий.

*Учебным планом не предусмотрено.*

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

**Лабораторная работа №1 «Моделирование и анализ базовой распределенной энергосистемы»**

Цель: изучение основных элементов распределенных систем электроснабжения и получение практического опыта моделирования и анализа работы систем с использованием языка Python.

Задачи:

1. Создать базовую модель распределенной энергосистемы. Определить простую систему, состоящую из источника, нагрузки и распределительных линий. Использовать `numpy` для определения таких параметров системы, как напряжение, ток, сопротивление и мощность.

2. Произвести анализ потока нагрузки. Рассчитать поток мощности через систему при различных режимах нагрузки. Проанализировать падение напряжения и ток в распределительных линиях, используя заданные параметры.

3. Построить визуализацию динамики системы. Используя `matplotlib`, построить графики, показывающие зависимость между различными параметрами, например, как изменяется падение напряжения при увеличении нагрузки. Выделить потенциальные точки неустойчивости или неэффективности.

4. Построить графики процесса влияния распределенной генерации. Представить источник распределенной генерации, например, небольшую солнечную батарею или ветряную турбину. Проанализировать, как это влияет на общую динамику системы, особенно в части регулирования напряжения и перетоков мощности.

5. Составить отчет с подробным анализом.

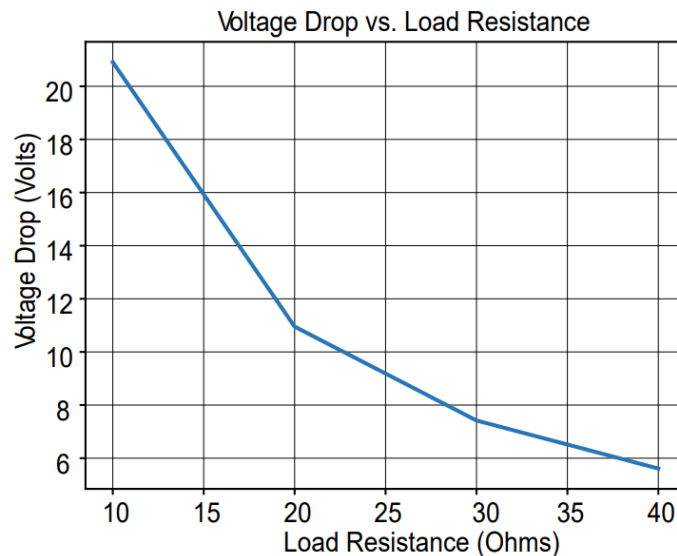


Рисунок 1. График зависимости падения напряжения от сопротивления нагрузки

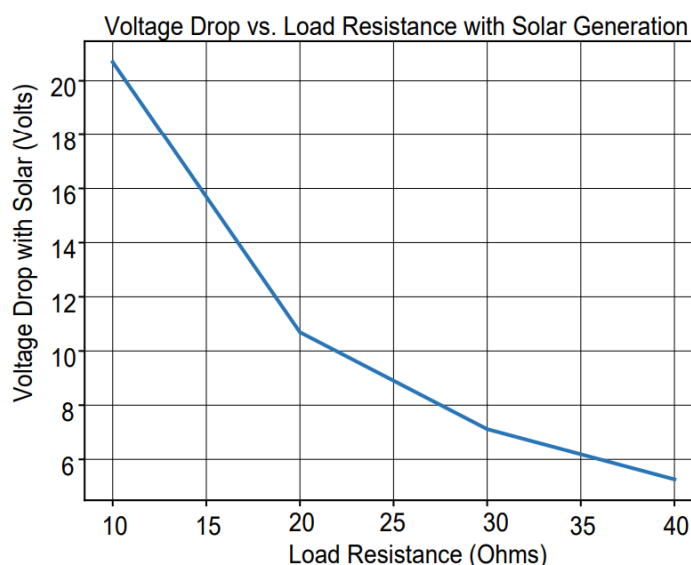


Рисунок 2. График зависимости падения напряжения от сопротивления нагрузки при использовании солнечной генерации

Таблица №20. Результаты моделирования распределенной энергосистемы с интеграцией источника солнечной энергии

Сопротивление нагрузки (Ом)	Мощность без солнечных панелей	Мощность с солнечными панелями (Вт)	Падение напряжения без солнечных панелей (В)	Падение напряжения с солнечными панелями (В)
10	4809.090909	4759.090909	20.909091	20.691700
20	2519.047619	2459.047619	10.952381	10.691511
30	1706.451613	1636.451613	7.419355	7.115007
40	1290.243902	1210.243902	5.609756	5.261930

**Лабораторная работа №2. Прогнозирование спроса на нагрузку с помощью машинного обучения, приведенного к модели линейной регрессии.**

Цель: Изучить фундаментальные понятия линейной регрессии и ее применение для прогнозирования спроса на электрическую нагрузку в зависимости от различных независимых переменных, таких как температура и день недели, обучить модель машинного обучения для прогнозирования будущего спроса на нагрузку на основе исторических данных.

Задачи:

1. Создать синтетический набор данных, моделирующий исторический спрос на электрическую нагрузку с учетом температуры и дня недели в качестве ключевых факторов влияния.
2. Выполнить разведочный анализ данных (EDA) для выявления тенденций и взаимосвязей в наборе данных.
3. Использовать обученную модель для прогнозирования значений на тестовом наборе.
4. Реализовать модель линейной регрессии для прогнозирования спроса на нагрузку.
5. Оценить эффективность модели с помощью таких показателей, как средняя абсолютная ошибка (MAE) и среднеквадратичная ошибка (RMSE).
6. Составить отчет.

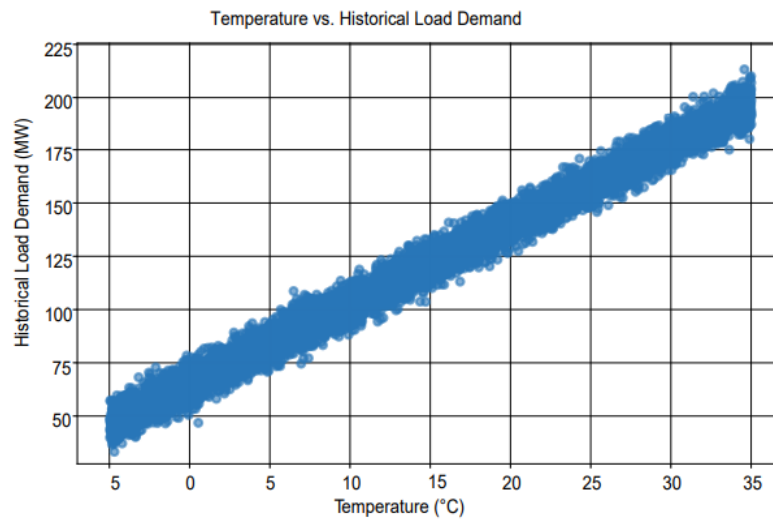


Рисунок 3. График средней потребности в нагрузках по дням недели

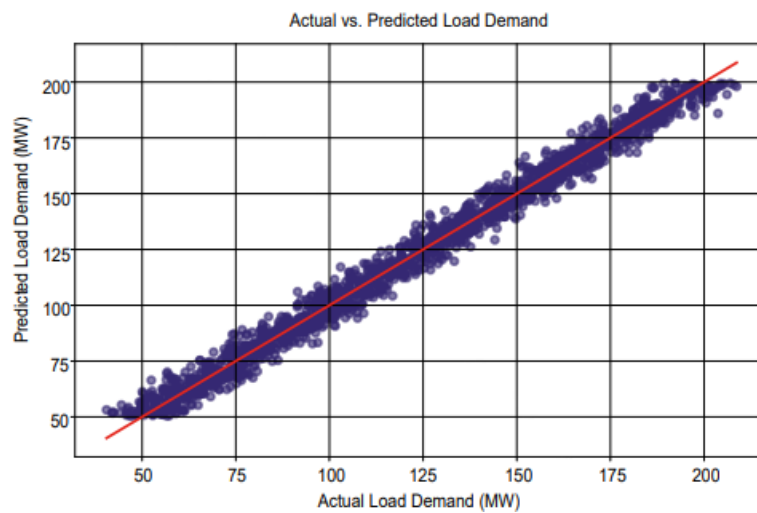


Рисунок 4. График фактического и прогнозируемого спроса на нагрузку

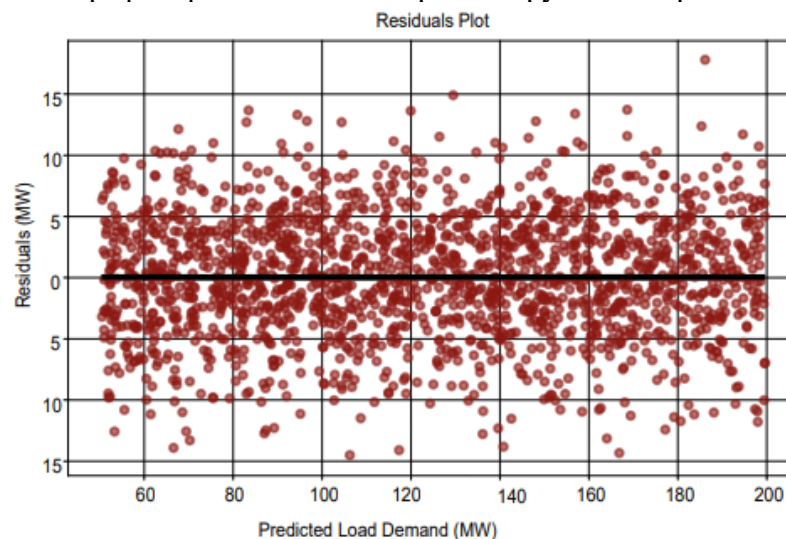


Рисунок 5. График остаточных значений

Лабораторная работа №3. «Прогнозирование нагрузки в энергосистемах с использованием искусственных нейронных сетей»

Цель: применить технологию интеллектуальных нейронных сетей (ИНС) в электроэнергетических системах, разработать модели для прогнозирования электрической нагрузки.

Задание на лабораторную работу:

Разработать нейросетевую модель для прогнозирования электрической нагрузки на основе исторических данных.

Оценить точность модели по сравнению с фактическими значениями нагрузки.

Методические указания к выполнению работы.

1. Подготовить данные, используя синтетический набор данных, имитирующий исторические данные о нагрузке, с такими атрибутами, как дата, час, температура и фактическая нагрузка, нормализовать набор данных.

2. Сформировать нейросетевую модель, используя библиотеки Python, такие как TensorFlow или Keras. Разделить набор данных на обучающий и тестовый наборы. Спроектировать архитектуру нейронной сети. Обучить нейросетевую модель на обучающем наборе.

3. Произвести оценку. Используя обученную модель для прогнозирования значений нагрузки в тестовом наборе.

4. Рассчитать показатели эффективности, как средняя абсолютная ошибка (MAE) и среднеквадратичная ошибка (RMSE).

5. Анализ. Построить графики сравнения фактических и прогнозируемых значений. Установить возможные причины расхождений между фактическими и прогнозными значениями. Предложить возможные улучшения или доработки модели.

6. Составить отчет.

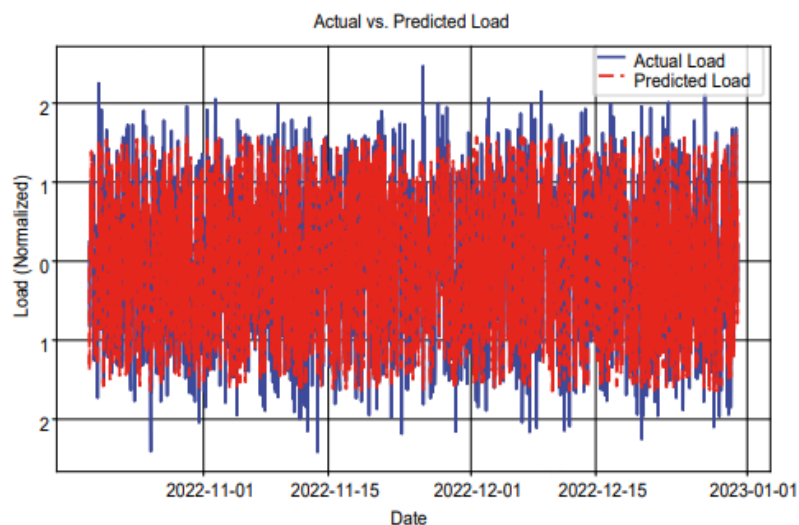


Рисунок 6. Нормализованные данные нагрузки, полученные в результате решения модели.

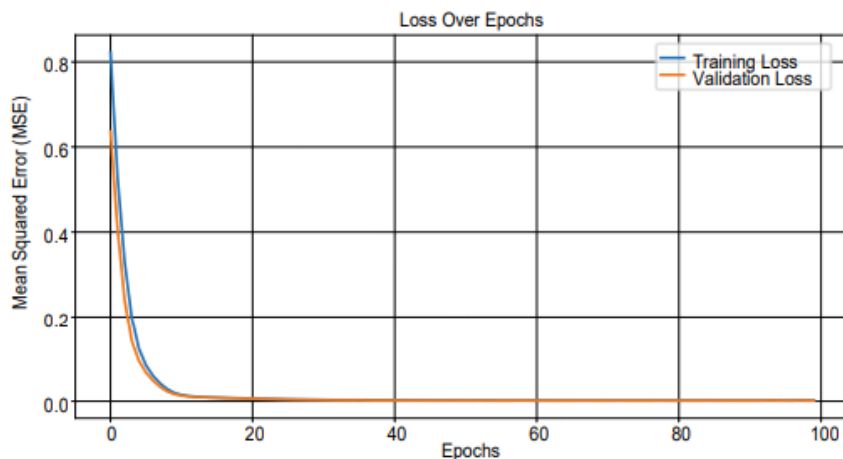




Рисунок 7. График сравнения ошибок модели по мере прохождения эпох

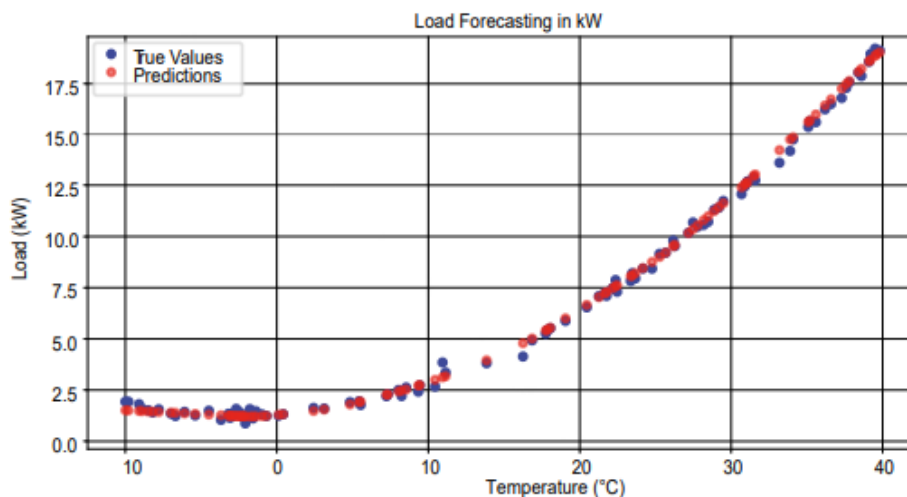


Рисунок 8. График сравнения истинных и предсказанных значений в кВт.

**Лабораторная работа №4 Оптимизация распределенного распределения энергоресурсов с использованием искусственного интеллекта**

Цель: внедрить и обучить модель машинного обучения, предсказывающую оптимальную отправку нескольких распределенных энергетических ресурсов (РЭР) для удовлетворения потребностей электросети.

Задание на лабораторную работу.

1. Внедрите модель, учитывающую различные факторы, такие как прогнозируемый спрос, солнечное излучение, скорость ветра и т.д., для прогнозирования выходной мощности каждого РЭР.
2. Обучите модель, используя исторические данные. Оцените производительность модели.
3. Смоделировать дневную отправку на основе прогнозов модели.
4. Выбрать функции, которые будут введены в модель. Нормализовать или стандартизировать данные, при необходимости.
5. Реализовать регрессионную модель с несколькими выходами, используя TensorFlow или любую другую предпочтительную библиотеку.
6. Составить отчет.

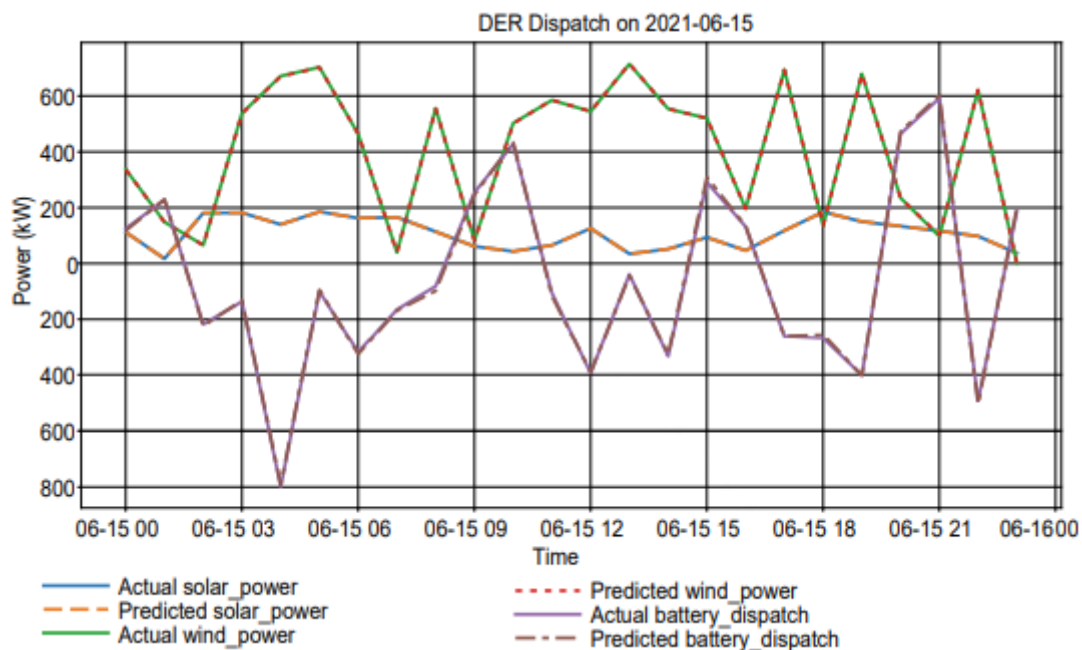


Рисунок 9. График фактических и прогнозируемых данных для распределения электроэнергии от различных источников в распределенной сети

**Лабораторная работа №5 Моделирование и оптимизация распределенной энергетической системы с применением методов искусственного интеллекта**

Цель: разработать и исследовать работу методов оптимизации управления энергопотреблением и энергетическими ресурсами в распределенной микросети с использованием методов искусственного интеллекта.

Задание на лабораторную работу.

1. Построить графики, отображающие динамику производства, потребления энергии, уровня заряда аккумуляторов и потока энергии, импортированного из основной электрической сети или экспортированного в нее.
2. Определить начальные условия для микросети, включая: емкость аккумулятора, максимальные мощности по производству энергии из различных источников (например, солнечные батареи, ветрогенераторы), средние данные по энергопотреблению в микросети, другие параметры, считающиеся важными для начальной конфигурации микросети.
3. Построить модель предиктивного анализа на основе работы библиотек python Scikit-learn или TensorFlow.
4. Реализовать алгоритм оптимизации управления микросетью.
5. Проанализировать результаты оптимизации и определите, насколько эффективно искусственный интеллект управлял энергией микросети.
6. Оценить, насколько часто батареи использовались для накопления или выдачи энергии, и определить, насколько эффективно удовлетворялись потребительские запросы.

7. Составить отчет.

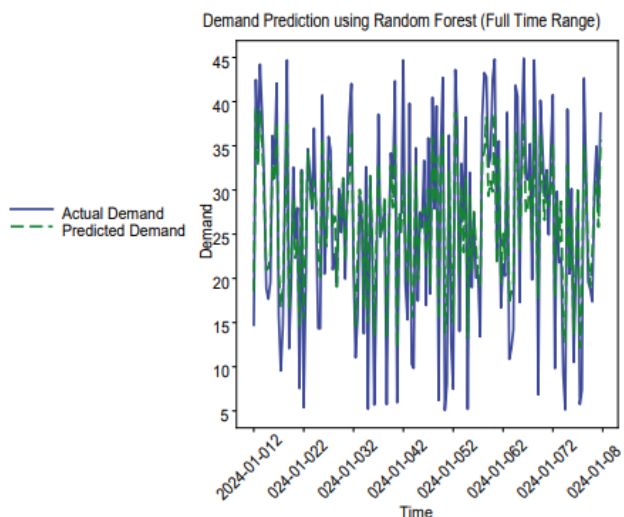


Рисунок 10. Визуализация реальных и прогнозируемых значений

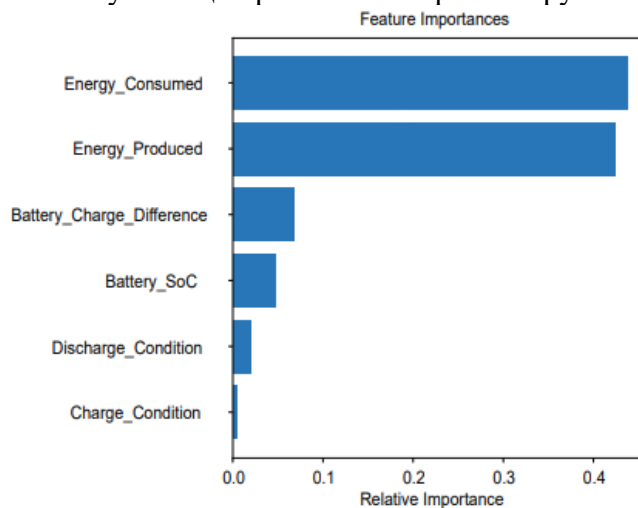


Рисунок 11. график степени важности характеристик модели.

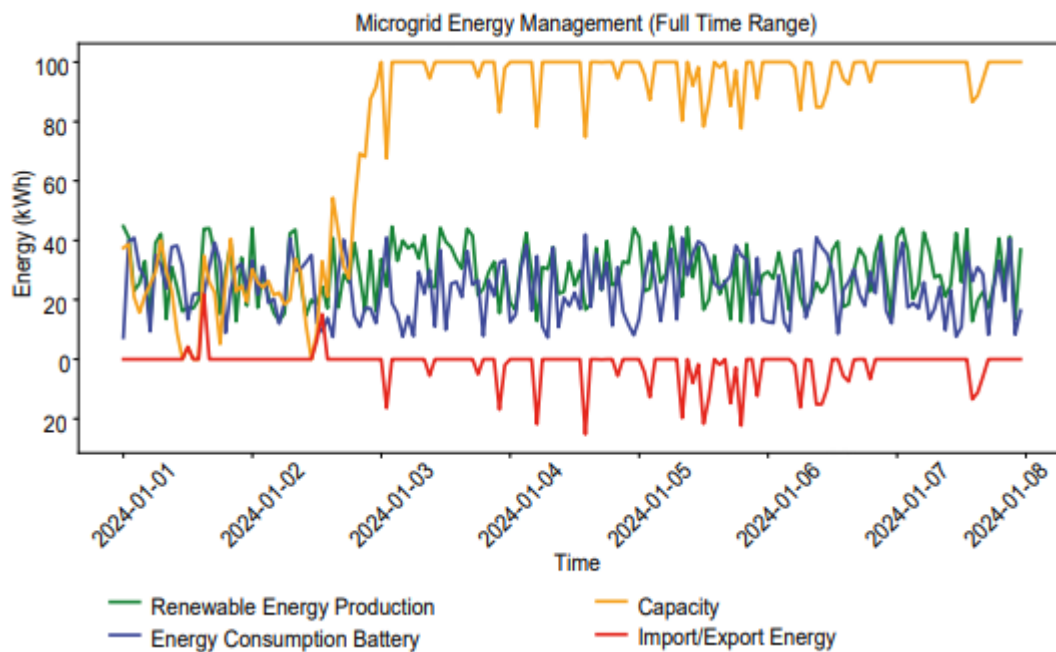


Рисунок 12. Визуализация генерируемой и потребленной энергии и циклов передачи энергии батареи.

Структура и форма отчета о лабораторной работе  
Название учебного заведения

КАФЕДРА № \_\_\_\_

ОТЧЕТ  
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень,  
звание

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ  
по курсу: Распределенные интеллектуальные энергосистемы

РАБОТУ  
ВЫПОЛНИЛ  
СТУДЕНТ ГР. № \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 20\_\_

## Содержание отчета

**Цель работы:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Задачи:**

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

### Теоретические сведения

В отчете по лабораторной работе обязательно должны быть указаны теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторной работы, в том числе данные об установке, на которой выполнялась работа.

### Расчетно-графическая часть

В начале указываются исходные данные, расчеты, графические построения.

### Выводы

Отчет по лабораторной работе обязательно должен содержать выводы по лабораторной работе, в которой должны отражаться факты достижения цели.

### Список используемой литературы

Список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018 – Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Оформление лабораторной работы выполняется в соответствии с требованиями отдела нормативной документации ГУАП, представленными на сайте ГУАП.

[http://guap.ru/guap/standart/titl\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml).

### 1. Общие требования

1.1. В соответствии с ГОСТ 7.32-2017 – СИБИБД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления отчет по лабораторной работе оформляется любым печатным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4.

1.2. В отчете по лабораторной работе допускается интервал 1.0 и 1.5, кегль не менее 12, выравнивание по ширине, отступ красной строки 1.0.

1.3. Цвет шрифта должен быть черным.

## **2. Нумерация страниц отчета**

2.1. Страницы отчета следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета. Номер страницы проставляется в низу каждого листа по центру.

2.2. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляется.

## **3. Нумерация разделов и подразделов отчета**

3.1. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего отчета, обозначенные арабскими цифрами.

3.2. Разделы могут быть разбиты на подразделы. Нумерация подразделов составляется из номера раздела и подраздела, обозначенного через точку, например, «1.1.». В конце названия разделов и подразделов точка не ставится.

## **4. Иллюстрации**

4.1. Иллюстрации подписываются снизу арабскими цифрами через пробел после слова «Рисунок» и имеют либо сквозную нумерацию, либо нумерацию в соответствии с разделами отчета.

4.2. Все иллюстрации (рисунки) должны иметь название, которое указывается после номера иллюстрации через тире, например, «Рисунок 1 – Структурная схема одноконтурной САР».

4.3. Подписи всех иллюстрации выравниваются по центру строки.

## **5. Графики**

5.1. Графики должны быть четкими. При оформлении графиков необходимо указывать обозначения координатных осей и самих графиков.

5.2. Если графики отражают сравнение двух экспериментов, рекомендуется их выполнение в одной системе координат.

## **6. Таблицы**

6.1. В отчете по лабораторной работе рекомендуется сквозная нумерация таблиц. Допускается нумерация таблиц в пределах раздела отчета. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

6.2. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

6.3. Нумерация таблиц производится со словом «Таблица» без знака «№», например, «Таблица 1».

6.5.4. Каждая таблица должна иметь название, которое следует помещать над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой работы

*Учебным планом не предусмотрено.*

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

Самостоятельная работа обучающихся включает:

- изучение конспекта лекций и рекомендованной учебной литературы по разделам дисциплины;
- повторение основных терминов и определений, связанных с распределенными электроэнергетическими системами, интеллектуальными сетями, микросетями, распределенной генерацией, накопителями энергии и возобновляемыми источниками энергии;
- изучение состава и назначения основных компонентов распределенной энергосистемы: источников генерации, линий электропередачи, распределительных сетей, нагрузок, накопителей энергии, датчиков, интеллектуальных счетчиков и устройств управления;
- подготовку к лабораторным работам, включая изучение цели работы, исходных данных, порядка выполнения моделирования и требований к представлению результатов;
- выполнение простейших расчетов параметров электрической сети, включая определение тока, мощности, сопротивления нагрузки, падения напряжения и влияния распределенной генерации на режим работы сети;
- анализ графиков электрических нагрузок потребителей, определение периодов минимального и максимального потребления, выявление факторов, влияющих на форму графика нагрузки;
- изучение базовых подходов к прогнозированию электрической нагрузки с использованием простых моделей анализа данных, включая линейную регрессию и оценку качества прогноза;
- подготовку исходных данных для лабораторных работ, выполняемых с использованием табличных данных, графиков и простых программных средств моделирования;
- анализ влияния накопителей энергии и возобновляемых источников энергии на баланс мощности, устойчивость и надежность работы распределенной энергосистемы;
- подготовку отчетов по лабораторным работам с описанием цели, исходных данных, хода выполнения, полученных графиков, таблиц и выводов;

– подготовку к тестированию, устному опросу и зачету / дифференцированному зачету по дисциплине.

При выполнении самостоятельной работы обучающимся рекомендуется особое внимание уделять пониманию взаимосвязей между параметрами энергосистемы. Необходимо уметь объяснять, как изменение нагрузки, сопротивления линии, режима генерации, погодных условий и работы накопителя энергии влияет на текущий и прогнозируемый электроэнергетический режим.

Результаты самостоятельной работы используются при выполнении лабораторных работ, прохождении текущего контроля, подготовке отчетов, ответах на вопросы зачета / дифференцированного зачета, а также при решении практико-ориентированных задач, связанных с анализом и контролем параметров распределенных интеллектуальных энергосистем.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости включает:

- устный опрос по темам лекционных занятий;
- проверку готовности обучающихся к выполнению лабораторных работ;
- контроль выполнения лабораторных работ и правильности обработки полученных результатов;
- проверку отчетов по лабораторным работам;
- выполнение тестовых заданий по основным разделам дисциплины.

Результаты текущего контроля учитываются при проведении промежуточной аттестации. К промежуточной аттестации допускаются обучающиеся, выполнившие предусмотренные лабораторные работы, представившие и защитившие отчеты, а также выполнившие задания самостоятельной работы и текущего контроля в объеме, установленном преподавателем. При выставлении итоговой оценки учитываются результаты тестирования, качество выполнения лабораторных и расчетных работ, активность обучающегося в ходе занятий и уровень ответа на зачете / дифференцированном зачете.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости. Список вопросов (таблица 16) к промежуточной аттестации утверждается кафедрой и выдается студентам для ознакомления. В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам. Форма проведения промежуточной аттестации - письменная.



Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой