

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

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

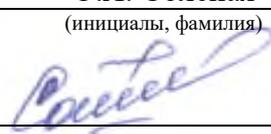
Руководитель образовательной программы

\_\_\_\_\_  
ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_  
О.Я. Солёная

(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
  
(подпись)

«27» июня 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Распределенные интеллектуальные энергосистемы»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки	13.03.02
Наименование направления подготовки	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Цифровая энергетика
Форма обучения	заочная
Год приема	2023

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил

\_\_\_\_\_  
доц., к.т.н.  
(должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
В.П. Кузьменко  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«26» июня 2024 г, протокол № 10

Заведующий кафедрой № 32

\_\_\_\_\_  
к.т.н., доц.  
(уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
С.В. Солёный  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

\_\_\_\_\_  
ст. преподаватель  
(должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
Н.В. Решетникова  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

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

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

ПК-2 «Способен участвовать в научных исследованиях объектов профессиональной деятельности»

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

Содержание дисциплины охватывает широкий спектр вопросов, связанных с интеграцией, управлением и оптимизацией распределенных энергетических ресурсов (РЭР) в рамках современных 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.

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

Основная цель преподавания данной дисциплины состоит в том, чтобы снабдить обучающихся знаниями, навыками и аналитическим опытом, необходимыми для понимания, эффективного управления распределенными энергетическими ресурсами (РЭР) в рамках современной инфраструктуры 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-2 Способен участвовать в научных исследованиях объектов профессиональной деятельности	ПК-2.Д.1 осуществляет обработку и анализ научно-технической информации
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.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
		№8
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	2/ 72	2/ 72
<b>Из них часов практической подготовки</b>	2	2
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	4	4
в том числе:		
лекции (Л), (час)	2	2
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	2	2
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	68	68
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

## 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 (час)	СРС (час)
Семестр 8					
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 1.2.1. Основы распределенной генерации и микросетей 1.2.2. Основные аспекты микросетей Тема 1.3. Значение интеллекта в электроэнергетических системах Тема 1.4. Основные проблемы и возможности распределенных интеллектуальных систем	0,5		0,5		17

<p>Раздел 2. Искусственный интеллект в энергосистемах</p> <p>Тема 2.1. Основы искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО)</p> <p>Тема 2.2. Методы ИИ, применяемые в электроэнергетических системах</p> <p>2.2.1. Нейронные сети</p> <p>2.2.2. Деревья решений и случайные леса</p> <p>2.2.3. Векторные машины с поддержкой</p> <p>2.2.4. Обучение с применением подкрепления</p> <p>Тема 2.3. Применение ИИ для обнаружения неисправностей, прогнозирования нагрузки и управления активами</p> <p>Тема 2.4. Тематические исследования: реализация ИИ в энергосистемах в реальных условиях</p>	0,5		0,5		17
<p>Раздел 3. Управление и мониторинг распределенных систем</p> <p>Тема 3.1. Компоненты распределенных систем и их параметры</p> <p>Тема 3.2. Сенсорные технологии и IoT в энергосистемах</p> <p>Тема 3.3. Стратегии управления распределенной генерацией</p> <p>3.3.1. Прямое управление</p> <p>3.3.2. Предиктивное управление</p> <p>3.3.3. Децентрализованные и централизованные схемы управления</p> <p>Тема 3.4. Роль коммуникационных инфраструктур в интеллектуальном управлении</p>	0,5		0,5		17
<p>Раздел 4. Расширенные темы в области распределенных интеллектуальных энергосистем</p> <p>Тема 4.1. Накопители энергии и их роль в распределенных системах</p> <p>Тема 4.2. Интеграция возобновляемых источников энергии и проблемы</p> <p>Тема 4.3. Устойчивость сети и аспекты безопасности в интеллектуальных системах</p> <p>Тема 4.4. Будущие тенденции: на пути к полностью цифровым и интеллектуальным электросетям</p>	0,5		0,5		17
Итого в семестре:	2		2		68
Итого	2	0	2	0	68

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
<b>1</b>	<p>Раздел 1. Введение в распределенные интеллектуальные электроэнергетические системы</p> <p>Тема 1.1. Обзор современных электроэнергетических систем</p> <p>Тема 1.2. Распределенные интеллектуальные сети и передовое управление сетями</p> <p>1.2.1. Основы распределенной генерации и микросетей</p> <p>1.2.2. Основные аспекты микросетей</p> <p>Тема 1.3. Значение интеллекта в электроэнергетических системах</p> <p>Тема 1.4. Основные проблемы и возможности распределенных интеллектуальных систем</p>
<b>2</b>	<p>Раздел 2. Искусственный интеллект в энергосистемах</p> <p>Тема 2.1. Основы искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО)</p> <p>Тема 2.2. Методы ИИ, применяемые в электроэнергетических системах</p> <p>2.2.1. Нейронные сети</p> <p>2.2.2. Деревья решений и случайные леса</p> <p>2.2.3. Векторные машины с поддержкой</p> <p>2.2.4. Обучение с применением подкрепления</p> <p>Тема 2.3. Применение ИИ для обнаружения неисправностей, прогнозирования нагрузки и управления активами</p> <p>Тема 2.4. Тематические исследования: реализация ИИ в энергосистемах в реальных условиях</p>
<b>3</b>	<p>Раздел 3: Управление и мониторинг распределенных систем</p> <p>Тема 3.1. Компоненты распределенных систем и их параметры</p> <p>Тема 3.2. Сенсорные технологии и IoT в энергосистемах</p> <p>Тема 3.3. Стратегии управления распределенной генерацией</p> <p>3.3.1. Прямое управление</p> <p>3.3.2. Предиктивное управление</p> <p>3.3.3. Децентрализованные и централизованные схемы управления</p> <p>Тема 3.4. Роль коммуникационных инфраструктур в интеллектуальном управлении</p>
<b>4</b>	<p>Раздел 4: Расширенные темы в области распределенных интеллектуальных энергосистем</p> <p>Тема 4.1. Накопители энергии и их роль в распределенных системах</p> <p>Тема 4.2. Интеграция возобновляемых источников энергии и проблемы</p> <p>Тема 4.3. Устойчивость сети и аспекты безопасности в интеллектуальных системах</p> <p>Тема 4.4. Будущие тенденции: на пути к полностью цифровым и интеллектуальным электросетям</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, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8				
1	Моделирование и анализ базовой распределенной энергосистемы	0,5		1
2	Прогнозирование спроса на нагрузку с помощью машинного обучения, приведенного к модели линейной регрессии.	0,5		2
3	Прогнозирование нагрузки в энергосистемах с использованием искусственных нейронных сетей	0,5		2
4	Оптимизация распределенного распределения энергоресурсов с использованием искусственного интеллекта	0,5		3
Всего		2		

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение 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 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	60	60
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		

Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)	4	4
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	4	4
Всего:	68	68

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

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)
	Основы программирования на языке Python : [ Электронный ресурс ] : учебно-методическое пособие / А. И. Савельев [и др.] ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2019. - 38 с.	18
	Основы искусственного интеллекта в профессиональной деятельности : учебно-методическое пособие / А. С. Степашкина, Е. А. Фролова, Н. В. Гущина ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2022. - 109 с.	18
	Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии : [ Электронный ресурс ] : учебное пособие / Д. А. Волков [и др.] ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург : Изд-во ГУАП, 2020. - 121 с.	18
	Распределенные интеллектуальные энергосистемы: учебно-методическое пособие / В.П. Кузьменко, С.В. Солёный, А.В. Рысин; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург: Изд-во ГУАП, 2024. - 76 с.	50

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://rawi.ru/academy/">https://rawi.ru/academy/</a>	Ассоциация ВИЭ, Академия ВИЭ
<a href="https://www.eprussia.ru/lib/">https://www.eprussia.ru/lib/</a>	Библиотека электронного журнала «Энергетика и промышленность России»

## 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
	Python IDE

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
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	31-04
2	Компьютеры с установленным на них ПО Python (версия не ниже 3.x) с библиотеками (numpy, matplotlib, pandas, and scipy) Jupyter Notebook or или любая Python IDE	31-04

## 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»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</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> </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 (задачи) для дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для дифф. зачета	Код индикатора

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какова основная цель использования искусственного интеллекта в энергосистемах?</li> <li>2. Назовите два алгоритма искусственного интеллекта, обычно используемых для прогнозирования спроса в энергосистемах.</li> <li>3. Как машинное обучение способствует прогнозированию технического обслуживания электрических систем?</li> <li>4. Определите нейронные сети и их значение в прогнозировании отказов энергосистем.</li> <li>5. Какой метод искусственного интеллекта подходит для распознавания закономерностей в данных о потреблении электроэнергии?</li> <li>6. Как обучение с подкреплением помогает оптимизировать работу электросетей?</li> <li>7. Какова роль искусственного интеллекта в повышении энергоэффективности зданий?</li> <li>8. Какой этап предварительной обработки данных имеет решающее значение для обучения точных моделей искусственного интеллекта при анализе энергосистем?</li> <li>9. Объясните, как искусственный интеллект может помочь в обнаружении аномалий в энергосистемах.</li> <li>10. Как можно использовать искусственный интеллект для прогнозирования и смягчения последствий перебоев в подаче электроэнергии?</li> </ol>	ПК-1.Д.2
	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Опишите основные компоненты электроэнергетической системы.</li> <li>12. Как дисбаланс фаз в трехфазной системе влияет на качество электроэнергии?</li> <li>13. Каковы ключевые параметры для контроля работоспособности трансформатора?</li> <li>14. Как управляется реактивная мощность в энергосистеме?</li> <li>15. Каково значение коэффициента мощности в электрической системе и как его можно улучшить?</li> <li>16. Объясните принцип работы автоматического выключателя.</li> <li>17. Как управляются частотные отклонения в рамках большой взаимосвязанной сети?</li> <li>18. Какова роль конденсаторной батареи в энергосистемах?</li> <li>19. Опишите основные этапы, связанные с проведением анализа потока нагрузки.</li> </ol>	ПК-5.Д.1
	<ol style="list-style-type: none"> <li>20. Определите энергоэффективность в контексте электроэнергетических систем. Как распределенные источники генерации влияют на энергоэффективность энергосистемы?</li> <li>21. Какую роль играет управление спросом в повышении энергоэффективности электросетей?</li> <li>22. Как интеграция возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая, влияет на эффективность энергосистемы?</li> <li>23. Объясните значение высокоэффективных трансформаторов в распределительных сетях.</li> <li>24. Опишите влияние потерь на линиях электропередачи на общую эффективность энергосистемы.</li> </ol>	ПК-5.Д.5

<p>25. Как силовые электронные устройства могут помочь в повышении эффективности систем электроснабжения?</p> <p>26. Какие проблемы в области энергоэффективности возникают в связи с увеличением проникновения электромобилей? Объясните концепцию «умных сетей» и их потенциал в повышении энергоэффективности.</p>	
---	--

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

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

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

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><u>1. Какие из следующих задач наиболее характерны для распределенных интеллектуальных энергосистем?</u></p> <p>а) Мониторинг состояния оборудования  б) Управление энергопотреблением  с) Управление умным домом  д) Анализ больших данных</p> <p><u>2. Какие из следующих задач наиболее характерны для обеспечения отказоустойчивости в распределенных интеллектуальных энергосистемах?</u></p> <p>а) Мониторинг состояния оборудования  б) Управление умным домом  с) Мониторинг энергопотребления  д) Анализ больших данных</p> <p><u>3. Сопоставьте методы хранения энергии к предложенным категориям.</u></p> <p>1) Краткосрочные  2) Долгосрочные  а) Батареи  б) Гидроаккумулирующие станции  с) Сжатый воздух  д) Тепловые накопители  е) Водородные топливные элементы  ф) Электрохимические конденсаторы  г) Механические накопители  h) Химические накопители</p> <p><u>4. Составьте правильную последовательность этапов управления энергопотреблением:</u></p> <p>а) Оптимизация потребления  б) Сбор данных</p>	<p>ПК-1.Д.2  ПК-5.Д.1</p>

	<p>c) Внедрение решений d) Анализ данных</p> <p><u>5. Какие преимущества и вызовы связаны с интеграцией умных счетчиков в энергосистему?</u></p>	
	<p><u>1. Какие меры безопасности необходимо учитывать при разработке распределенных интеллектуальных энергосистем?</u></p> <p>a) Аутентификация пользователей b) Защита от кибератак c) Шифрование данных d) Все вышеперечисленное</p> <p><u>2. Какие из следующих технологий используются для обеспечения масштабируемости в распределенных интеллектуальных энергосистемах?</u></p> <p>a) Облачные вычисления b) Интернет вещей (IoT) c) Датчики d) Машинное обучение</p> <p><u>3. Сопоставьте типы сетей к предложенным категориям.</u></p> <p>1) Умные сети 2) Традиционные сети</p> <p>a) Сети с двухсторонней связью b) Сети с однонаправленной связью c) Сети с интеграцией возобновляемых источников d) Сети без интеграции возобновляемых источников e) Сети с автоматическим управлением f) Сети с ручным управлением g) Сети с мониторингом в реальном времени h) Сети без мониторинга в реальном времени</p> <p><u>4. Составьте правильную последовательность шагов создания распределенной энергосистемы:</u></p> <p>a) Оценка потребностей b) Установка оборудования c) Разработка проекта d) Тестирование и ввод в эксплуатацию</p> <p><u>5. Какие факторы следует учитывать при выборе системы хранения энергии?</u></p>	ПК-5.Д.5

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

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	<p><b><u>Контрольная работа. Моделирование и оптимизация распределенной энергетической системы с применение методов искусственного интеллекта</u></b></p> <p>Задание.</p> <p>1. разработать и исследовать работу методов оптимизации управления энергопотреблением и энергетическими ресурсами в распределенной</p>

- микросети с использованием методов искусственного интеллекта.
2. Построить графики, отображающие динамику производства, потребления энергии, уровня заряда аккумуляторов и потока энергии, импортированного из основной электрической сети или экспортированного в нее.
  3. 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.
  4. Построить модель предиктивного анализа на основе работы библиотек python Scikit-learn или TensorFlow.
  5. Реализовать алгоритм оптимизации управления микросетью.
  6. Проанализировать результаты оптимизации и определите, насколько эффективно искусственный интеллект управлял энергией микросети.
  7. Оценить, насколько часто батареи использовались для накопления или выдачи энергии, и определить, насколько эффективно удовлетворялись потребительские запросы.
  8. Составить отчет.

Примеры графических данных представлены ниже.

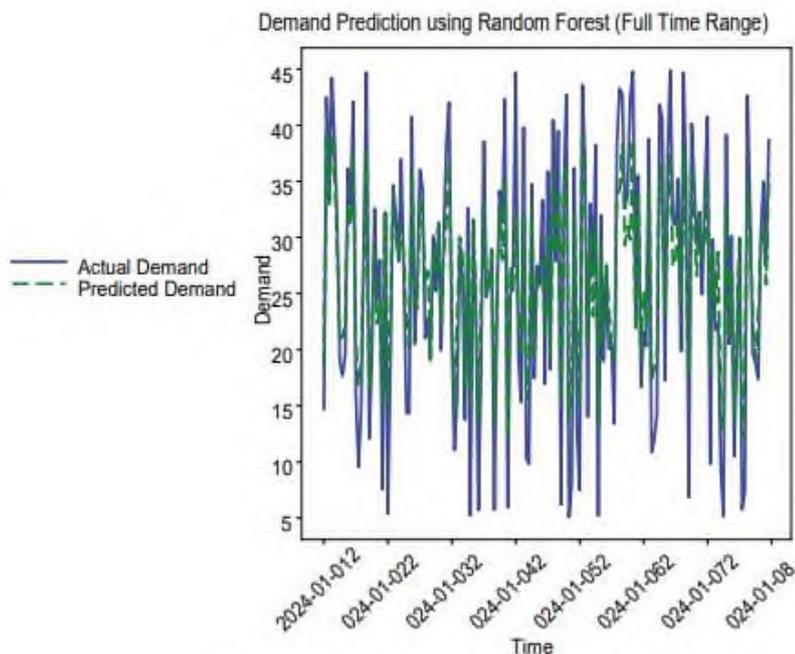


Рисунок 10. Визуализация реальных и прогнозируемых значений

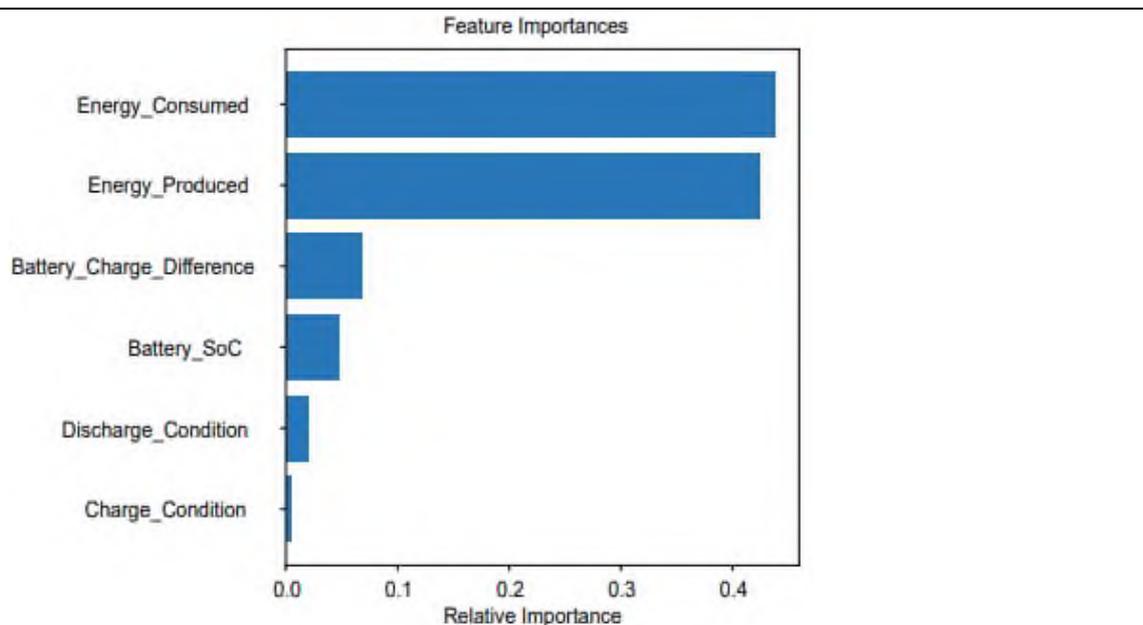


Рисунок 11. график степени важности характеристик модели.

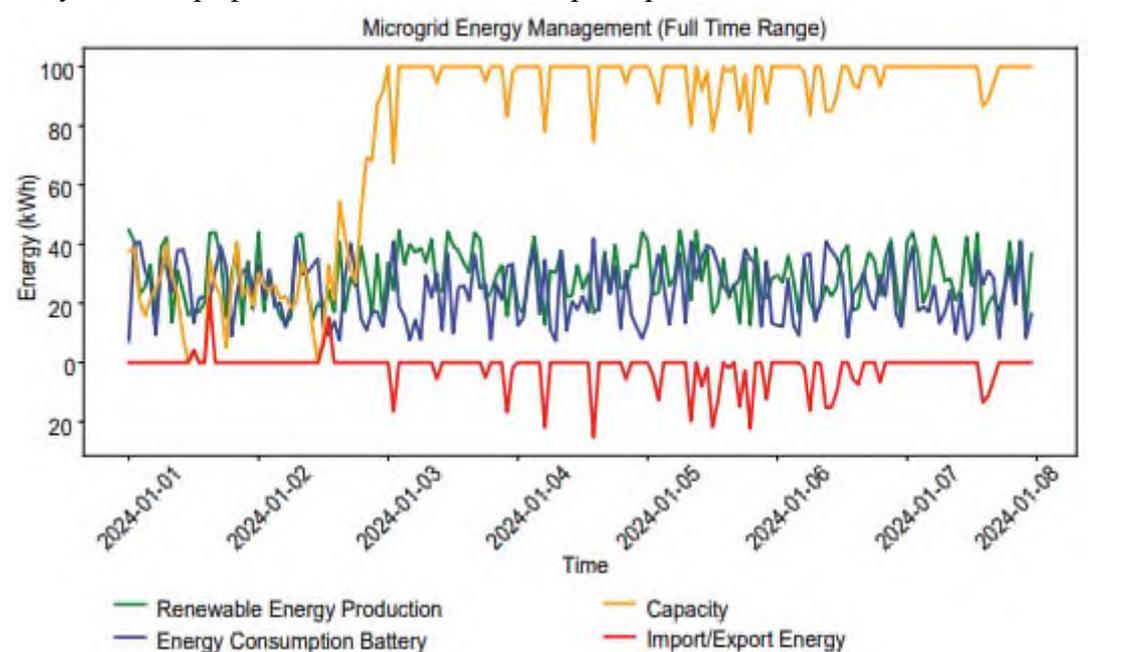


Рисунок 12. Визуализация генерируемой и потребленной энергии и циклов передачи энергии батареи.

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.

11.2. 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.

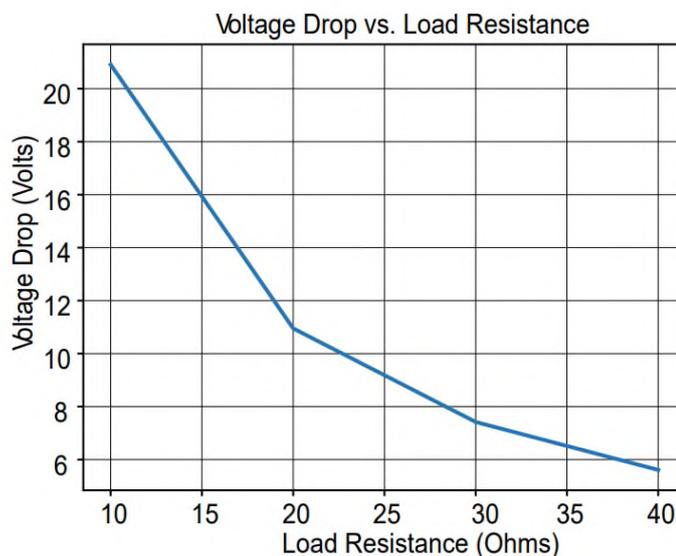


Рисунок 1. График зависимости падения напряжения от сопротивления нагрузки

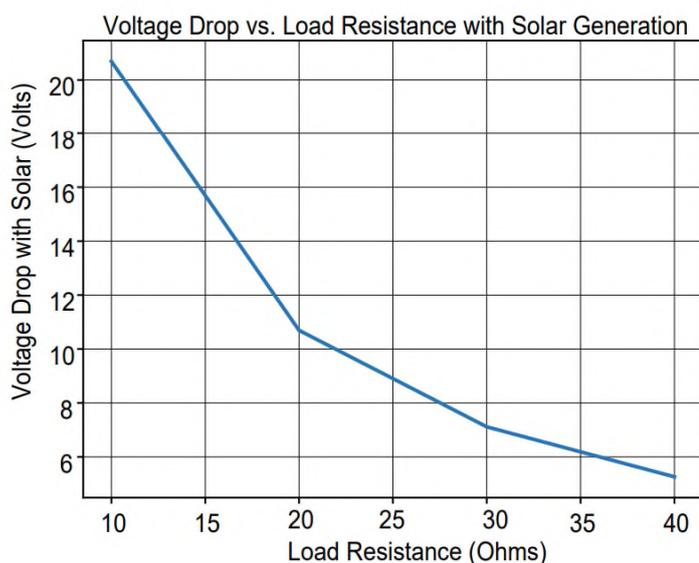


Рисунок 2. График зависимости падения напряжения от сопротивления нагрузки при использовании солнечной генерации

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.

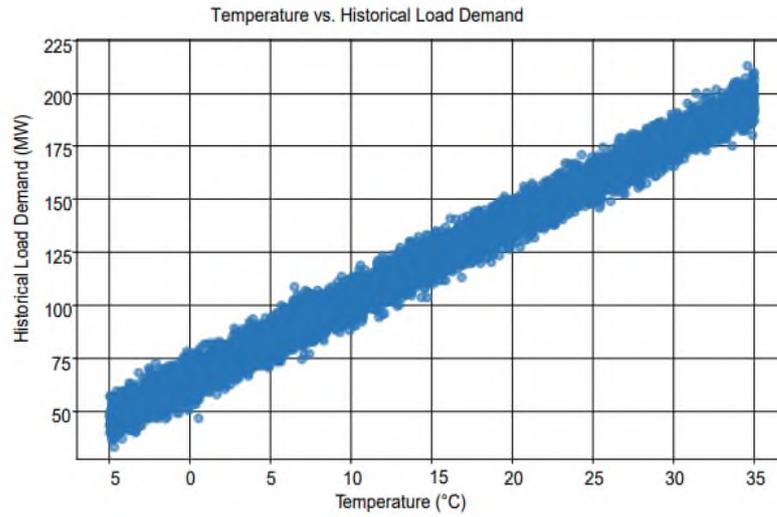


Рисунок 3. График средней потребности в нагрузках по дням недели

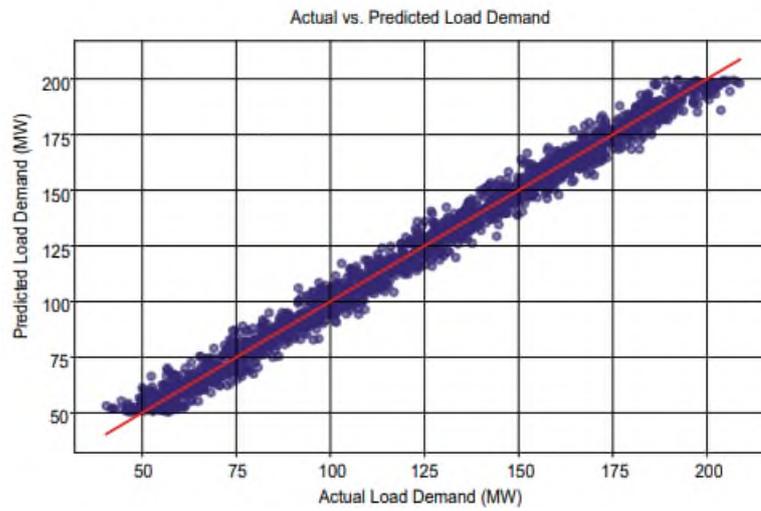


Рисунок 4. График фактического и прогнозируемого спроса на нагрузку

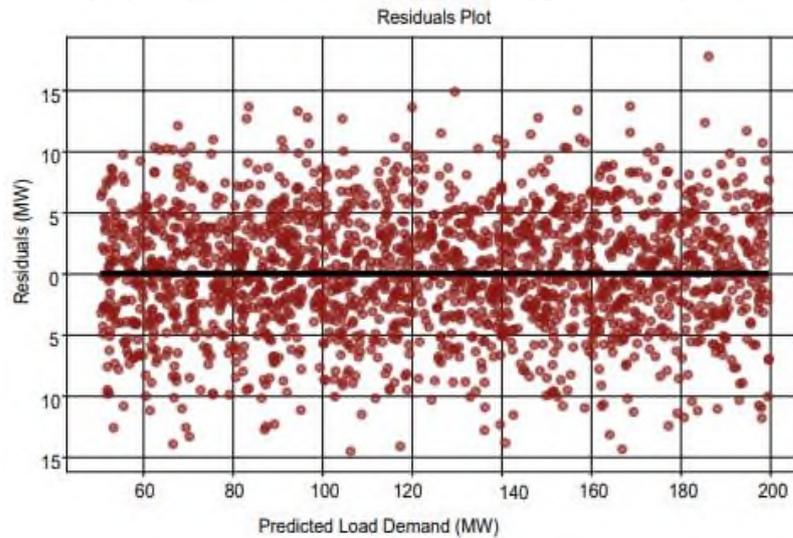


Рисунок 5. График остаточных значений

### 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.

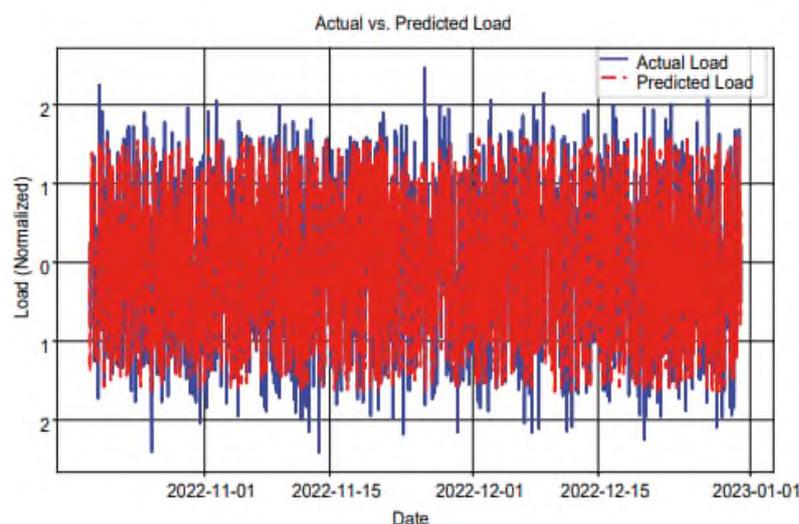


Рисунок 6. Нормализованные данные нагрузки, полученные в результате решения модели.

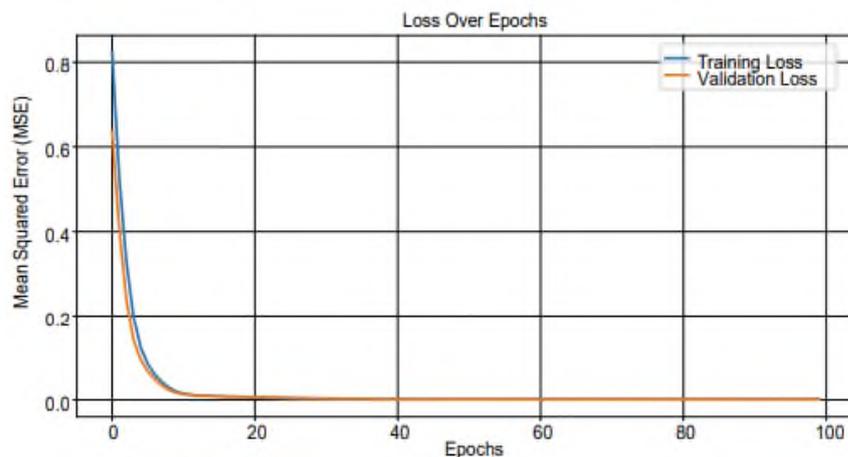


Рисунок 7. График сравнения ошибок модели по мере прохождения эпох

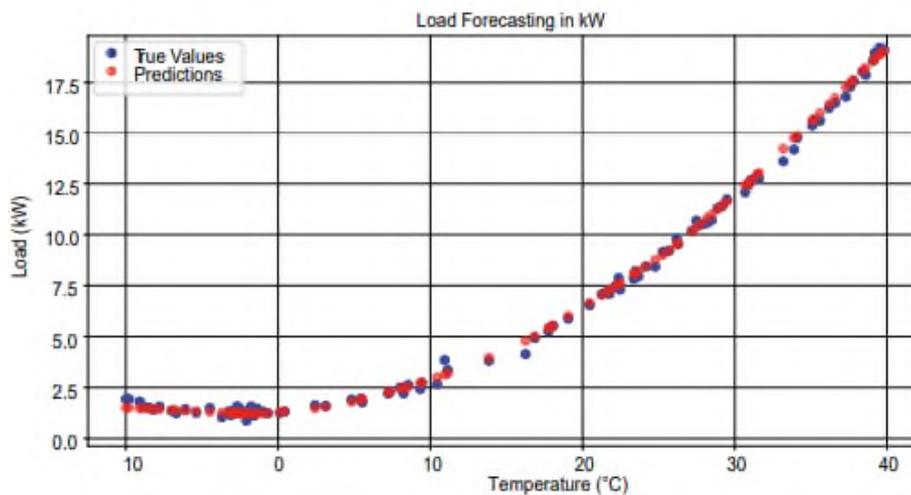


Рисунок 8. График сравнения истинных и предсказанных значений в кВт.

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

Цель: внедрить и обучить модель машинного обучения, предсказывающую оптимальную отпавку 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 отпавку 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.

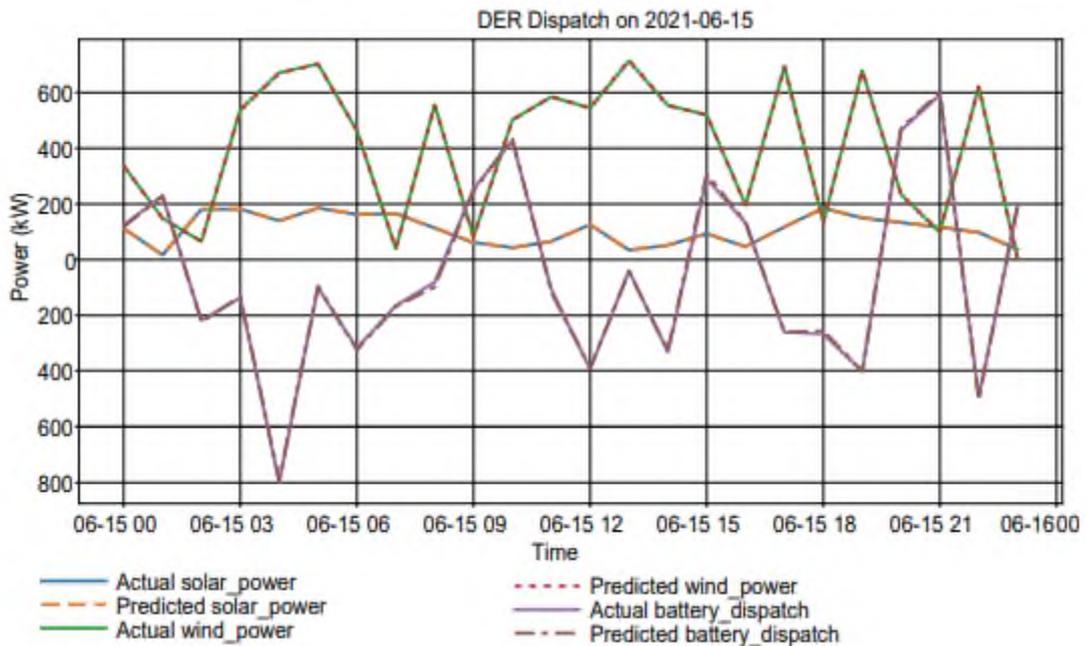


Рисунок 9. График фактических и прогнозируемых данных для распределения электроэнергии от различных источников в распределенной сети

**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.

9. Построить графики, отображающие динамику производства, потребления энергии, уровня заряда аккумуляторов и потока энергии, импортированного из основной электрической сети или экспортированного в нее.

10. 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.

11. Построить модель предиктивного анализа на основе работы библиотек python Scikit-learn или TensorFlow.
12. Реализовать алгоритм оптимизации управления микросетью.
13. Проанализировать результаты оптимизации и определите, насколько эффективно искусственный интеллект управлял энергией микросети.
14. Оценить, насколько часто батареи использовались для накопления или выдачи энергии, и определить, насколько эффективно удовлетворялись потребительские запросы.
15. Составить отчет.

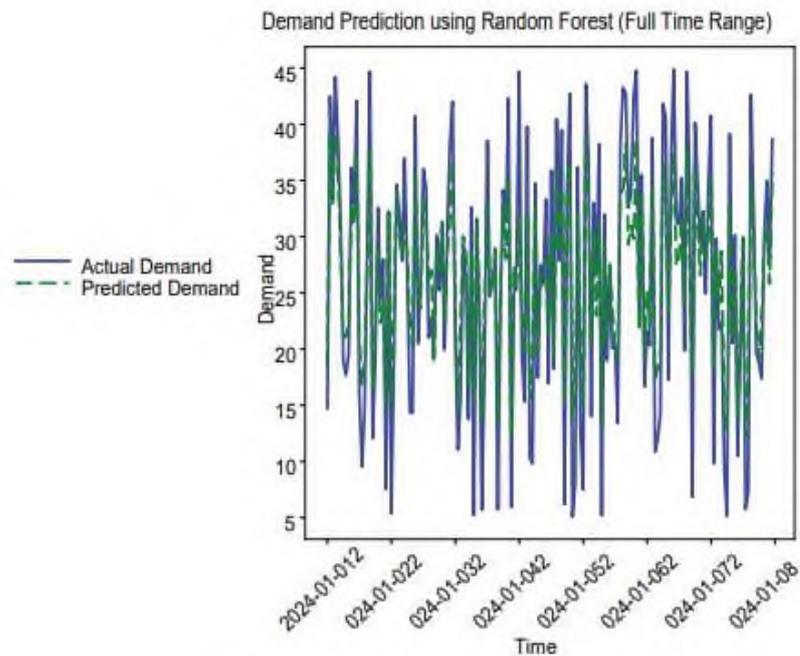


Рисунок 10. Визуализация реальных и прогнозируемых значений

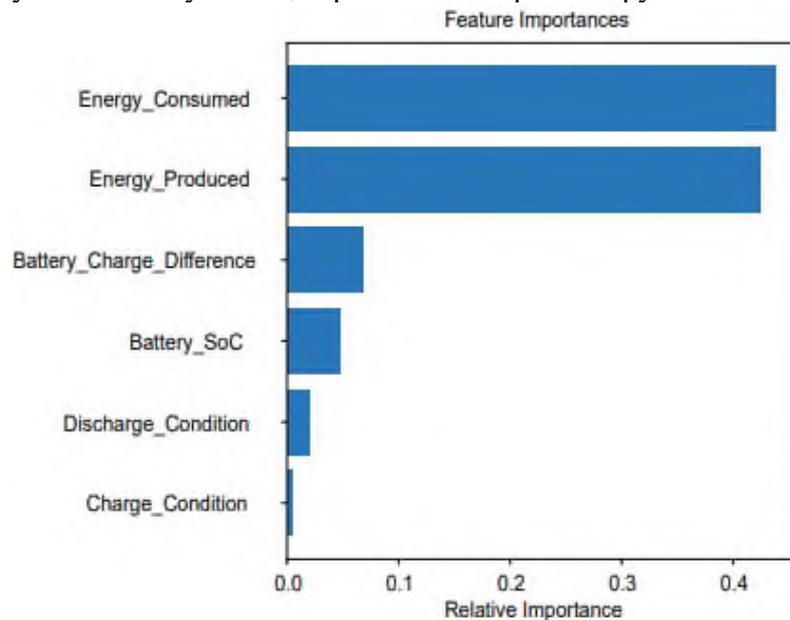


Рисунок 11. график степени важности характеристик модели.

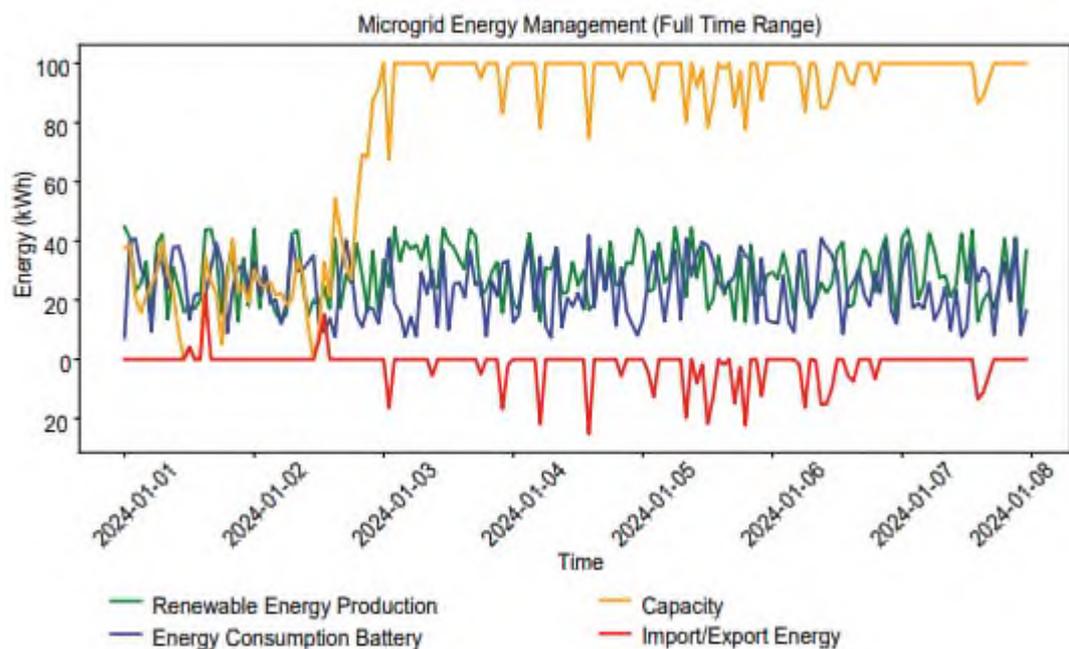


Рисунок 12. Визуализация генерируемой и потребленной энергии и циклов передачи энергии батареи.

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: СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ДИСПЕТЧЕРЕЗАЦИИ

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

### 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 «No», 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.

### 11.3. 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им 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).

### 11.4. 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.

### 11.5. 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 проводится в форме дифференциального зачета. Зачет проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развёрнутого ответа. Время на подготовку ответа - 30 минут.

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