

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
Инженерных систем и сооружений



/С.А. Яременко/
18 февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Обоснование проектов энергосетей»

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Городские энергетические сети

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2025

Автор программы _____ *Окуро* О.А. Куцыгина

И.о. заведующего кафедрой
Теплогазоснабжения и
нефтегазового дела _____ А.И. Колосов

Руководитель ОПОП _____ *Китаев* Д.Н. Китаев

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Овладение студентами знаний в области инженерного проектирования энергосетей, приобретение знаний по тенденциям развития электроэнергетики, принципам и способам передачи и распределения электроэнергии.

1.2. Задачи освоения дисциплины

В процессе изучения дисциплины, студенты должны уяснить концепцию обеспечения потребителей электроэнергией, знать схемы замещения основных элементов сети, основные приемы и соотношения, используемые при решении параметров установившихся режимов электрических сетей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Обоснование проектов энергосетей» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Обоснование проектов энергосетей» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен подготовить проектную и рабочую документацию по тепловым, газовым и электрическим сетям, а также по технологическим решениям котельных для выполнения строительного-монтажных работ

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать задачи прогнозирования и проектирования энергосетей.
	Уметь собирать и анализировать данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией.
	владеть критериями проектирования энергосетей.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Обоснование проектов энергосетей» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		

Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	54	54
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	10	10
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	6	6
Самостоятельная работа	94	94
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Общие сведения оптимизации проектирования энергосетей	Общие понятия и определения. Задачи прогнозирования и проектирования энергосетей.	4	6	8	18
2	Критерии проектирования энергосетей.	Технико-экономические показатели развития электроэнергетических систем. Критерии экономической эффективности, надежности при проектировании, качества электроэнергии.	4	6	8	18
3	Исследование оптимизационных задач	Основные понятия и определения. Обзор и методология оптимизационного подхода к задачам. Математические модели основных элементов.	4	6	8	18
4	Нелинейные оптимизационные задачи электроснабжения	Общие понятия. Графическая иллюстрация задачи нелинейного программирования. Градиентные методы.	2	6	10	18
5	Принципы проектирования энергосетей	Разработка балансов мощностей, выбор номинального напряжения, разработка рациональной конфигурации энергосетей.	2	6	10	18
6	Выбор сечений линий электропередачи	Принципы выбора сечений проводов и кабелей. Выбор сечений по экономическому критерию, по критерию качества.	2	6	10	18
Итого			18	36	54	108

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Общие сведения	Общие понятия и определения. Задачи	2	-	14	16

	оптимизации проектирования энергосетей	прогнозирования и проектирования энергосетей.				
2	Критерии проектирования энергосетей.	Технико-экономические показатели развития электроэнергетических систем. Критерии экономической эффективности, надежности при проектировании, качества электроэнергии.	2	-	14	16
3	Исследование оптимизационных задач	Основные понятия и определения. Обзор и методология оптимизационного подхода к задачам. Математические модели основных элементов.	-	1	17	18
4	Нелинейные оптимизационные задачи электроснабжения	Общие понятия. Графическая иллюстрация задачи нелинейного программирования. Градиентные методы.	-	2	16	18
5	Принципы проектирования энергосетей	Разработка балансов мощностей, выбор номинального напряжения, разработка рациональной конфигурации энергосетей.	-	2	16	18
6	Выбор сечений линий электропередачи	Принципы выбора сечений проводов и кабелей. Выбор сечений по экономическому критерию, по критерию качества.	-	1	17	18
Итого			4	6	94	104

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать (переносится из раздела 3 рабочей программы)	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь (переносится из раздела 3 рабочей программы)	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть (переносится из раздела 3 рабочей программы)	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения, 8 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	знать - задачи прогнозирования и проектирования энергосетей.	тестирование	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь - собирать и анализировать данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией.	Защита реферата	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть - критериями проектирования энергосетей.	тестирование	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Оптимизация – это...

а) Получение оптимальных результатов в определенных пределах;

б) Целенаправленная деятельность, заключающаяся в получении наилучших результатов при соответствующих условиях;

в) Ответы а и б – правильные;

г) Правильного ответа нет.

2. На основании выбранного критерия оптимальности составляют...

а) Оптимальную функцию;

б) Функцию критерия оптимальности;

в) Целевую функцию;

г) Правильного ответа нет.

3. В САПР основными методами оптимизации являются –...

а) Программные методы.

б) Векторные методы.

в) Поискные методы.

г) Правильного ответа нет.

4. Необходимость оптимизации в проектировании уже появляется на этапе...

а) Эскизного проектировании;

б) Структурного синтеза;

- в) Инженерного моделирования;
 - г) Ответы а и в – правильные.
5. Для решения задачи оптимизации первым необходимо сделать...
- а) Выбрать критерий оптимальности;
 - б) Составить математическую модель;
 - в) Выбрать метод оптимизации;
 - г) Правильного ответа нет.
6. При записи математических задач оптимизации в общем виде обычно используют символы?
- а) $f(x)$, U ;
 - б) $I(x)$, U ;
 - в) $j(x)$, U ;
 - г) Правильного ответа нет.
7. Область, в пределах которой выполняются все условия реализуемости называется ...
- а) Областью САПР;
 - б) Областью Парето;
 - в) Областью работоспособности;
 - г) Все ответы правильные.
8. Первый этап построения математической модели – ...
- а) Формализация;
 - б) Исследование объекта;
 - в) Исследование рынка;
 - г) Правильного ответа нет.
9. В задачах оптимизации различают критерии оптимизации...
- а) Простые;
 - б) Сложные;
 - в) Ответы а и б – правильные;
 - г) Правильного ответа нет.
10. Анализ полученного решения бывает ...
- а) Формальным;
 - б) Содержательным;
 - в) Примитивным;
 - г) Ответы а и б – правильные.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. В математическом программировании отделяют виды решения?

- а) Программное;
- б) Допустимое;
- в) Собственное;
- г) Ответы б и в – правильные.

2. Синтез проектных решений – это ...

- а) Сущность проектирования;
- б) Необходимая составная часть проектирования;
- в) Основа проектирования;
- г) Правильного ответа нет.

3. Анализ – это...
- а) Сущность проектирования;
 - б) Необходимая составная часть проектирования;
 - в) Основа проектирования;
 - г) Правильного ответа нет.
4. Синтез подразделяется на:
- а) Анализирующий;
 - б) Параметрический;
 - в) Структурный;
 - г) Ответы б и в – правильные.
5. В САПР процедуры параметрического синтеза выполняются в:
- а) Интерактивном режиме;
 - б) Автоматический режим;
 - в) Ручном режиме;
 - г) Ответы а и б – правильные.
6. Каким этапом в общем процессе проектирования имеет место инженерное моделирование?
- а) 1;
 - б) 2;
 - в) 3;
 - г) Правильного ответа нет.
7. Множество точек пространства выходных параметров, из которых невозможно перемещения, приводит к улучшению всех выходных параметров называют ...
- а) Областью САПР;
 - б) Областью работоспособности;
 - в) Областью Парето;
 - г) Другое.
8. Сепарабельное программирование...
- а) Представляет собой Сепарабельное функцию;
 - б) Представляет собой нелинейную функцию;
 - в) Представляет собой сумму функций;
 - г) Правильного ответа нет.
9. Задача оптимизации сводится к нахождению?
- а) Рост целевой функции;
 - б) Экстремума целевой функции;
 - в) Спада целевой функции;
 - г) Правильного ответа нет.
10. Любой критерий оптимальности имеет...
- а) Экономическую природу;
 - б) Природу управления параметров;
 - в) Торговую природу;
 - г) Правильного ответа нет.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задача 1. Определить капитальные вложения и годовые эксплуатационные издержки на сооружение в районе Урала и эксплуатацию двух параллельных линий 220кВ длиной 80км, выполненных сечением АС-400 на стальных одноцепных опорах. В режиме максимальных нагрузок по линии протекает ток $I = 400\text{А}$. При решении задачи принять: коэффициент приведения к современным ценам $k = 70$; стоимость потерь электроэнергии в сети $b = 1,2\text{руб/кВт}\cdot\text{час}$; число часов максимальных потерь $\tau = 3000\text{часов}$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Критерии оптимальности в задачах электроснабжения.
2. Оптимизация графиков нагрузки.
3. Рациональные размеры электропотребления в производственных процессах и установках.
4. Управление энергопотреблением при дефиците мощности.
5. Оптимизация работы силовых трансформаторов.
6. Параллельная работа трансформаторов.
7. Оптимизация количества и мощности цеховых ТП.
8. Технико-экономическое обоснование выбора схем электроснабжения.
9. Алгоритмы поиска оптимальной конфигурации сети.
10. Экономически целесообразное сечение проводов и жил кабелей.
11. Выбор электрооборудования с учетом климатических зон и категории размещения.
12. Структура электрических сетей и систем. Определения.
13. Номинальные напряжения электрических сетей и электрооборудования.
14. Области применения номинальных напряжений электрических сетей.
15. Режимы нейтрали электрических сетей различных напряжений.
16. Воздушные линии. Провода и тросы воздушных линий.
17. Опоры и основания. Изоляторы и линейная арматура.
18. Основные конструкции кабелей. Соединения и оконцевание кабелей.
19. Прокладка кабелей.
20. Местные сети. Активное сопротивление линий. Индуктивное сопротивление линий.
21. Компенсация реактивной мощности и индуктивности линий.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 5 баллом, задача оценивается в 5 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за

верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 15.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 7 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 7 до 11 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 13 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общие сведения оптимизации проектирования энергосетей	ПК-1	Тест, самостоятельная работа, реферат, контрольная работа
2	Критерии проектирования энергосетей.	ПК-1	Тест, самостоятельная работа, реферат, контрольная работа
3	Исследование оптимизационных задач	ПК-1	Тест, самостоятельная работа, реферат, контрольная работа
4	Нелинейные оптимизационные задачи электроснабжения	ПК-1	Тест, самостоятельная работа, реферат, контрольная работа
5	Принципы проектирования энергосетей	ПК-1	Тест, самостоятельная работа, реферат, контрольная работа
6	Выбор сечений линий электропередачи	ПК-1	Тест, самостоятельная работа, реферат, контрольная работа

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Правила устройства электроустановок в вопросах и ответах [Электронный ресурс]: пособие для изучения и подготовки к проверке знаний/ — Электрон. текстовые данные.— Москва: ЭНАС, 2017.— 512 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76932.html> .— ЭБС «IPRbooks».

2. Правила безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ РД 153-34.3-03.285-2002 [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— Москва: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013.— 128 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22713.html> .— ЭБС «IPRbooks»

3. Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранной зоне линий электропередачи напряжением свыше 1000 В [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— Москва: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013.— 8 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22779.html> .— ЭБС «IPRbooks»

4. Правила безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ. РД 153-34.3-03.285-2004 [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— Москва: ЭНАС, 2017.— 104 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76167.html> .— ЭБС «IPRbooks»

5. Релейная защита электроэнергетических систем. Принципы выполнения защит. Защиты линий электропередач [Электронный ресурс]: учебное пособие/ О.Н. Шелушенина [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015.— 237 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/90906.html> .— ЭБС «IPRbooks»

6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— Москва: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013.— 332 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22732.html> .— ЭБС «IPRbooks».

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- Лицензионное программное обеспечение: ABBYY FineReader 9.0; Microsoft Office Word 2013/2007; Microsoft Office Excel 2013/2007; Microsoft Office Power Point 2013/2007; Maple v18; AutoCAD; Adobe Acrobat Reader; PDF24 Creator; 7zip.

- Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»: <http://www.edu.ru>; Образовательный портал ВГТУ; программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

- Информационные справочные системы: единое окно доступа к образовательным ресурсам – <http://window.edu.ru>; Справочная система ВГТУ – <https://wiki.cchgeu.ru>; СтройКонсультант; Справочная Правовая Система КонсультантПлюс; Электронно-библиотечная система IPRbooks; «Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки»; ЭБС Лань; Научная электронная библиотека Elibrary;

- Современные профессиональные базы данных: Национальная информационная система по строительству – <http://www.know-house.ru>; Портал Российской академии архитектуры и строительных наук – <http://www.raasn.ru>; Электронная библиотека строительства – <http://www.zodchii.ws>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная демонстрационными плакатами и проектором (а.2226а). Для проведения практических занятий необходимы пособия по профилю и расчетные номограммы.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Обоснование проектов энергосетей» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета оптимизации проектирования энергосетей. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом

занятие	лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>