




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**


СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы

  
Дорогов Е.Ю.  
(подпись) (И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Директор Департамента  
энергетических систем

  
Штым К.А.  
(подпись) (И.О. Фамилия)  
«22» декабря 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Математические задачи энергетики**

Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль «Инжиниринг электроэнергетических систем»

Форма подготовки (очная)

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018 г. №144.

Директор департамента  
Составители: ст. преподаватель

К.А. Штым  
Д.С. Крылова

Владивосток  
2022

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем и утверждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол от «22» декабря 2022 г. № 4

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем и утверждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г. № \_\_\_\_\_

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем и утверждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г. № \_\_\_\_\_

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем и утверждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г. № \_\_\_\_\_

5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем и утверждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г. № \_\_\_\_\_

## **I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цели:

- формирование необходимых знаний и умений по постановке и анализу инженерно-технических и исследовательских задач с использованием современных математических методов:

- применению методов теории вероятности и математической статистики, теории оптимизации и принятия решений:

- применению методов математического программирования и дискретной математики для решения различных электроэнергетических задач.

Задачи:

Познакомить обучающихся с основными понятиями и определениями системы:

- классификацией, управлением и оптимизацией управленческих решений;

- интерполяцией и аппроксимацией функций одной переменной; теорией вероятностей и математической статистикой;

- управлением; объектом управления; методами моделирования непрерывных и дискретных объектов управления;

- принятием управленческих решений и их оптимизацией; постановкой задачи оптимизации;

- классификацией задач оптимизации;

- математическим программированием;

- классификацией задач математического программирования;

- линейное, нелинейное, динамическое программирование

Результаты обучения по дисциплине должны быть соотнесены с установленными в ОПОП индикаторами достижения компетенций.

Совокупность запланированных результатов обучения по дисциплине должна обеспечивать формирование у выпускника всех компетенций, установленных ОПОП.

Таблица 1 – Профессиональные компетенции выпускников

| Тип задач       | Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  |
|-----------------|---|---|
| Технологический | ПК-2. Способен к определению норм расхода топлива и всех видов энергии, определению технико-экономических показателей работы основного и вспомогательного теплоэнергетического, электроэнергетического и электросетевого оборудования | <p>ПК-2.1 Умеет оперативно отслеживать, систематизировать и анализировать поступающую информацию о нормах расхода топлива и всех видов энергии.</p> <p>ПК-2.2 Способен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять технико-экономические показатели работы основного и вспомогательного энергетического оборудования;</li> <li>- определять состав и последовательность необходимых действий оперативного персонала смены электростанции, электроподстанции для соблюдения норм расхода ресурсов и всех видов энергии.</li> </ul> <p>ПК-2.3 Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нормы расхода топлива и всех видов энергии в зависимости от конструктивных и эксплуатационных характеристик оборудования;</li> <li>- особенности эксплуатации в нормальных и аварийных режимах.</li> </ul> <p>ПК-2.4 Использует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нормативные правовые акты федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере электроэнергетики;</li> <li>- правила работы на оптовом рынке электроэнергии и мощности.</li> </ul> |

Таблица 2 – Индикаторы достижения профессиональных компетенций выпускников

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)  |
|--|---|
| ПК-2.1 Умеет оперативно отслеживать, систематизировать и анализировать поступающую информацию о нормах расхода топлива и всех видов энергии.   | Знает нормативные параметры энергопотребления конструкционного оборудования   |
|  | Умеет оперативно отслеживать, систематизировать и анализировать поступающую информацию о нормах расхода топлива и всех видов энергии  |
|  | Владеет навыками анализа информации о нормах расхода топлива и всех видов энергии   |
| ПК-2.2 Способен:<br>- определять технико-экономические показатели работы основного и вспомогательного энергетического оборудования;<br>- определять состав и последовательность необходимых действий оперативного персонала смены электростанции, электроподстанции для соблюдения норм расхода ресурсов и всех видов энергии. | Знает эксплуатационные показатели основного и вспомогательного энергетического оборудования   |
|  | Умеет определять состав и последовательность необходимых действий оперативного персонала смены электростанции, электроподстанции для соблюдения норм расхода ресурсов и всех видов энергии  |
|  | Владеет навыками обеспечения норм расхода ресурсов и всех видов энергии   |
| ПК-2.3 Знает:<br>- нормы расхода топлива и всех видов энергии в зависимости от конструктивных и эксплуатационных характеристик оборудования;<br>- особенности эксплуатации в нормальных и аварийных режимах.   | Знает нормы расхода топлива и всех видов энергии в зависимости от конструктивных и эксплуатационных характеристик оборудования  |
|  | Умеет определять фактический расход топлива и всех видов энергии конструкционного оборудования  |
|  | Владеет навыками определения расхода топлива и всех видов энергии конструкционного оборудования в нормальных и аварийных режимах  |
| ПК-2.4 Использует:<br>- нормативные правовые акты федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере электроэнергетики;<br>- правила работы на оптовом рынке электроэнергии и мощности.                        | Знает нормативные правовые акты федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере электроэнергетики; правила работы на оптовом рынке электроэнергии и мощности |
|  | Умеет применять нормативные правовые акты федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере электроэнергетики в профессиональной деятельности                  |
|  | Владеет нормами и правилами нормативных документов  |

## II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единиц (144 академических часов), (1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Таблица 3 – Виды учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине

| Обозначение | Виды учебных занятий и работы обучающегося  |
|-------------|---|
| Лек         | Лекции  |
| Лаб         | Лабораторные работы   |
| Пр          | Практические занятия  |
| СР          | Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения  |
| Контроль    | Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации |
| ОК          | Онлайн-курс   |

Таблица 4 – Структура дисциплины

| №      | Наименование раздела дисциплины  | С<br>е<br>м<br>е<br>с<br>т<br>р | Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося |     |    |    |    |              | Формы промежуточной аттестации |
|--------|--|---------------------------------|---|-----|----|----|----|--------------|--------------------------------|
|        |  |                                 | Лек   | Лаб | Пр | ОК | СР | Конт<br>роль |                                |
| 1      | Применение численных методов линейной алгебры  | 4                               | 8   |     | 18 |    |    |              | Экзамен                        |
| 2      | Применение методов теории вероятностей и математической статистики в электроэнергетике | 4                               | 6   |     | 9  |    | 63 | 27           |                                |
|        | Применение методов оптимизации в электроэнергетике                                     | 4                               | 4   |     | 9  |    |    |              |                                |
| Итого: |  |                                 | 18  |     | 36 |    | 63 | 27           | Экзамен                        |

### **III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18/4 час.)**

**Раздел 1. Применение численных методов линейной алгебры. (8 час.)**

**Тема 1. Основы применения алгебры матриц к расчету сетей электрических систем, с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2 час.)**

Техническая и математическая постановка задачи. Схемы замещения электрических сетей и их элементов. Матрицы. Основные определения. Сложение и вычитание матриц. Умножение матриц. Изменение вида матриц. Обратные матрицы. Вычисление обратных матриц. Разделение матриц на блоки. Системы матричных уравнений.

**Тема 2. Элементы теории графов применительно к расчету сетей электрических систем.(2 час.)**

Схема замещения как связанный граф. Матрицы соединений. Дерево и хорды графа. Матрица контуров. Топологические свойства схем. Независимые параметры режима.

**Тема 3. Уравнения установившегося режима электрической системы, с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2 час.)**

Применение уравнений состояния. Применение узловых уравнений. Применение контурных уравнений. Обобщенные параметры. Преобразования уравнений режима сети.

**Тема 4. Методы решения уравнений состояния электрической системы, с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2 час.)**

Техническая и математическая постановка задачи. Решение уравнений состояния точными методами. Решение уравнений состояния итерационными методами.

## **Раздел 2. Применение методов теории вероятностей и математической статистики в электроэнергетике. (6 час.)**

### **Лекция 5. Случайные события. (2 час.)**

Независимые и зависимые события. Совместные и несовместные события. Полная группа событий. Правила сложения и умножения вероятностей для совместных и несовместных событий. Формула полной вероятности. Теорема разложения. Основные понятия теории надежности, применение формулы полной вероятности и теоремы разложения для определения вероятностей отказа и безотказной работы сложных схем электрических соединений.

### **Лекция 6. Случайные величины. (2 час.)**

Непрерывная и дискретные случайные величины. Законы распределения случайных величин, применяемые в электроснабжении. Числовые характеристики случайных величин и их свойства. Электрическая нагрузка как случайная величина. Системы случайных величин. Определение числовых вероятностных характеристик электрических нагрузок элементов систем электроснабжения и напряжения сети при вероятностном задании нагрузок узлов.

### **Лекция 7. Математическая статистика (2 час.)**

Применение методов математической статистики в электроснабжении. Задачи математической статистики. Отыскание параметров эмпирических формул методом наименьших квадратов. Сглаживание эмпирических данных. Определение законов распределения случайных величин и их числовых характеристик на основании опытных данных.

## **Раздел 3. Применение методов оптимизации в электроэнергетике. (4 час.)**

### **Лекция 8. Линейное программирование. (2 час.)**

Формулировка задачи линейного программирования. Геометрическая интерпретация линейного программирования. Симплексный метод решения задач линейного программирования. Применение методов линейного



программирования для решения задач о выборе оптимальной конфигурации электрической сети, при проектировании системы электроснабжения промышленного предприятия. Общая характеристика задачи выбора оптимальной конфигурации электрической сети. Математическая модель задачи выбора оптимальной конфигурации электрической сети.

#### **Лекция 9. Нелинейное программирование. (2 час.)**

Формулировка задачи нелинейного программирования. Геометрическая интерпретация нелинейного программирования. Необходимые и достаточные условия существования локального минимума целевой функции. Метод Лагранжа.

### **IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ (36/4 час.)**

#### **Практическая работа (36 часов)**

**Занятие 1. Применение теории графов в электроэнергетике. Занятие с использованием метода активного обучения «групповая консультация». (9 час.)**

1. Схема замещения как связанный граф.
2. Матрицы соединений.
3. Дерево и хорды графа.
4. Матрица контуров.
5. Определение токов в ветвях схемы

**Занятие 2. Расчет установившихся режимов электроэнергетических систем. Занятие с использованием метода активного обучения «групповая консультация». (9 час.)**

1. Методы решения уравнений состояния.
2. Метода Гаусса
3. Метод простых итераций

4. Метод Зейделя.

5. Метод Ньютона

**Занятие 3. Применение методов теории вероятностей и математической статистики в задачах электроэнергетики. Занятие с использованием метода активного обучения «групповая консультация». (9 час.)**

1. Законы распределения случайных величин, применяемые в электроснабжении.

2. Числовые характеристики случайных величин и их свойства.

3. Электрическая нагрузка и напряжение сети как случайные процессы.

**Занятие 4. Применение методов оптимизации в задачах электроэнергетики с использованием метода активного обучения «групповая консультация». (9 час.)**

1. Применение методов линейного программирования для решения задач о выборе оптимальной конфигурации электрической сети.

2. Применение симплекс-метода.

3. Расчет транспортной задачи.

4. Метод неопределенных множителей Лагранжа.

### **Самостоятельная работа (63 часа)**

**Раздел 1. Применение численных методов линейной алгебры (36 часов)**

1. Подготовка к блиц-опросу на лекции.

2. Подготовка к тестированию.

3. Выполнение расчётно-графической работы

3.1. Расчет сложной электрической сети с помощью матриц

3.2. Расчет сложной электрической сети с помощью методов решения системы линейных уравнений

## **Раздел 2. Применение методов теории вероятностей и математической статистики в электроэнергетике (99 часа)**

1. Подготовка к блиц-опросу на лекции.
2. Подготовка к тестированию.
3. Выполнение расчётно-графической работы.
  - 3.1. Оценка надежности системы

## **Раздел 3. Применение методов оптимизации в электроэнергетике (99 часа)**

1. Подготовка к блиц-опросу на лекции.
2. Подготовка к тестированию.
3. Выполнение расчётной работы.
  - 3.1. Расчет задачи симплекс-методом
  - 3.2. Расчет транспортной задачи
4. Защита расчётно-графической работы

### **Подготовка к экзамену (27 часов)**

1. Повторение пройденного в рамках дисциплины материала.
2. Подготовка к промежуточной аттестации в соответствии с вопросами к экзамену.

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Математические задачи энергетики» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;

- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

Материалы для самостоятельной работы студентов подготовлены в виде индивидуальных заданий по каждому разделу РПУД (образцы вариантов РГР представлены Приложении 2). Полный комплект РГР хранятся на кафедре Электроэнергетики и электротехники.

Для расчётов и оформления РГР и ИДЗ используются программы: World, Excel, Vizio, MathCAD.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты самостоятельной работы студент выполняет в виде письменного отчета, содержащего пояснительную записку.

Изложение в пояснительной записке должно быть сжатым, ясным и сопровождаться формулами, цифровыми данными, схемами. Цифровой материал необходимо оформлять в виде таблиц.

Материал представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на РГР;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы пояснительной записки должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Пояснительная записка выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4. Таблицы и схемы могут быть выполнены на листах иного формата, но должны быть аккуратно сложены по формату А4. Объем отчета составляет не более 8- 10 страниц.

Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

РГЗ является одной из составляющих итоговой аттестации по дисциплине «Математические задачи энергетики».

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

✓ 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты расчётно-графического задания. Фактических ошибок, связанных с

пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 - баллов – работа выполнена полностью; допущено не более 1 ошибки при выборе и проверке оборудования или одна-две ошибки в оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 балл – работа выполнена полностью. Допущено не более 2 ошибок в расчётах РГР или оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 6-5 баллов - Работа выполнена. Допущено три или более трех ошибок в расчётах, в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

## VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

| № п/п | Контролируемые разделы дисциплины             | Коды и этапы формирования компетенций |   | Оценочные средства - наименование   |  |
|-------|---|---------------------------------------|---|---|--|
|       |   |                                       |   | текущий контроль  | промежуточная аттестация   |
| 1     | Применение численных методов линейной алгебры | ПК-2                                  | основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы действия электроэнергетических объектов; | 2,4,6,8, недели – блиц-опрос на лекции (УО-1), 9 неделя – тестирование (ПР-1);                          | Экзамен. Вопросы 1-15 перечня типовых экзаменационных вопросов, РГР. (Приложение 2). |
|       |   |                                       | применять математические методы для решения профессиональных задач;   | 2,4,6,8, недели – блиц-опрос на лекции (УО-1)   |  |
|       |   |                                       | методами построения математических моделей типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных                               | 2,4,6,8, недели – блиц-опрос на лекции (УО-1), 17 неделя – защита индивидуального расчётно-графического |  |

|   |  |      |   |  |   |
|---|--|------|---|--|---|
|   |  |      | результатов, пакетами прикладных программ, используемых при моделировании объектов и процессов;   | задания <b>(ПР-14)</b>   |   |
|   |  |      | методы анализа научно-технической информации, требования, предъявляемые для составления научно-технической документации;  | 2,4,6,8, недели –<br>блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , 9<br>неделя –<br>тестирование <b>(ПР-1)</b> ;  |   |
|   |  |      | составлять и оформлять научно-техническую документацию, осуществлять подбор и анализ научно-технической литературы и прочих источников, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию; | 2,4,6,8, недели –<br>блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b>  |   |
|   |  |      | навыками составления и оформления научно-технической документации;  | 2,4,6,8, недели –<br>блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , ),<br>9 неделя –<br>тестирование <b>(ПР-1)</b> ;<br>17 неделя –<br>защита индивидуального расчётно-графического задания <b>(ПР-14)</b> |   |
| 2 | Применение методов теории вероятностей и математической статистики в электроэнергетике | ПК-2 | основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы действия электроэнергетических объектов;   | 10,12,14 недели –<br>блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , 15<br>неделя –<br>тестирование <b>(ПР-1)</b> ;   | Экзамен. Вопросы 16-23 перечня типовых экзаменационных вопросов, РГР. (Приложение 2). |
|   |  |      | применять математические методы для решения профессиональных задач;   | 10,12,14 недели –<br>блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> ,  |   |

|   |  |      |   |  |   |
|---|--|------|---|--|---|
|   |  |      | методами построения математических моделей типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов, пакетами прикладных программ, используемых при моделировании объектов и процессов; | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , 17 неделя – защита индивидуального расчётно-графического задания <b>(ПР-14)</b>   |   |
|   |  |      | методы анализа научно-технической информации, требования, предъявляемые для составления научно-технической документации;  | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , 15 неделя – тестирование <b>(ПР-1)</b> ;  |   |
|   |  |      | составлять и оформлять научно-техническую документацию, осуществлять подбор и анализ научно-технической литературы и прочих источников, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию;                 | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> ,   |   |
|   |  |      | навыками составления и оформления научно-технической документации;  | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , 15 неделя – тестирование <b>(ПР-1)</b> ;<br>17 неделя – защита индивидуального расчётно-графического задания <b>(ПР-14)</b> |   |
| 3 | Применение методов оптимизации в электроэнергетике | ПК-2 | основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы действия электроэнергетических   | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , 15 неделя – тестирование <b>(ПР-1)</b> ;  | Экзамен. Вопросы 24-35 перечня типовых экзаменационных вопросов, РГР. |



|  |  |  |   |   |                 |
|--|--|--|---|---|-----------------|
|  |  |  | объектов;   |   | (Приложение 2). |
|  |  |  | применять математические методы для решения профессиональных задач;   | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b>  |                 |
|  |  |  | методами построения математических моделей типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов, пакетами прикладных программ, используемых при моделировании объектов и процессов; | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , 17 неделя – защита индивидуального расчётно-графического задания <b>(ПР-14)</b>  |                 |
|  |  |  | методы анализа научно-технической информации, требования, предъявляемые для составления научно-технической документации;  | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , 15 неделя – тестирование <b>(ПР-1)</b> ;   |                 |
|  |  |  | составлять и оформлять научно-техническую документацию, осуществлять подбор и анализ научно-технической литературы и прочих источников, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию;                 | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b>  |                 |
|  |  |  | навыками составления и оформления научно-технической документации;  | 10,12,14 недели – блиц-опрос на лекции <b>(УО-1)</b> , 15 неделя – тестирование <b>(ПР-1)</b> ; 17 неделя – защита индивидуального расчётно-графического задания <b>(ПР-14)</b> |                 |

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

## **VII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Шубович, А. А. Постановка и решение математических задач в области электроэнергетики : учебное пособие / А. А. Шубович, Ю. М. Перевозкина. - Волгоград : ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. - 124 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087879>
2. Сапожников, П. Н. Теория вероятностей, математическая статистика в примерах, задачах и тестах: учебное пособие / П.Н. Сапожников, А.А. Макаров, М.В. Радионова. — Москва : КУРС: ИНФРА-М, 2022. — 496 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1036516>

### **Дополнительная литература**

1. Туркин, Д.Г. Математические задачи энергетики: учеб. пособие / Д.Г. Туркин. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2008. - 112 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:385010&theme=FEFU>

2. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов / В. М. Буре, Е. М. Парилина, – СПб.:Изд-во Лань, 2013. - 415 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:731150&theme=FEFU>

3. Математическое моделирование электрических систем и их элементов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Лыкин А.В. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778222625.html>

4. Медведева С.Н. Математические задачи в энергетике: Курс лекций. - Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2005. <http://window.edu.ru/resource/976/36976>

5. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2006. - 277 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:665276&theme=FEFU>

6. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии / Герасименко А.А., Федин В.Т. — Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 715с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381620&theme=FEFU>

7. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3.Производство, передача и распределение электрической энергии/ Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 8-е изд., испр и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2002. – 963 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:399686&theme=FEFU>

8. Ашманов С. А., Тимохов А. В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях: Учебное пособие. 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 448с: ил. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/3799/>

9. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория вероятностей. Математическая статистика. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 296 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/2115/>

10. Медведева С.Н. Математические задачи в энергетике: Курс лекций – Пенза: Изд-во ПенГУ, 2005 – 45 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/976/36976/files/stup202.pdf>

## **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Общероссийский математический портал : [сайт]. – Москва, 2004. – URL: <http://www.mathnet.ru>. – Текст. Изображение : электронные.
2. Научная электронная библиотека : [сайт]. – Москва, 2005. – URL: <https://www.elibrary.ru>. – Текст. Изображение : электронные.
3. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ : [сайт]. – Москва, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система Знаниум : [сайт]. – Москва, 2011. – URL: <https://znanium.com/> – Текст: электронный.
5. Математический портал : [сайт]. – Москва, 2011. – URL: <http://www.allmath.ru/> – Текст: электронный.

## **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д); программное обеспечение для выполнения математических расчётов Mathcad; программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

## **VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Методические материалы**

На изучение дисциплины «Математические задачи энергетики» отводится 54/8 часа аудиторных занятий и 63 часа самостоятельной работы.

Современные образовательные технологии предусматривают взаимосвязанную деятельность преподавателя и учащихся. При изучении данной дисциплины используются традиционные и интерактивные образовательные технологии: 1.

- **лекции** (рассмотрение теоретического материала) с использованием мультимедийных технологий (презентации), диалог с аудиторией, устные блиц-опросы в начале лекции ориентированы на обобщение и определение взаимосвязи лекционного материала;

- **практические занятия** проводятся на основе совмещения коллективного и индивидуального обучения. На практических занятиях преподаватель дает методику расчета сложной экономической схемы в установившемся режиме с помощью теории графов, матриц, и др. Во второй части практического занятия студентам предлагается работать самостоятельно, выполняя задания по расчётно-графической работе (РГР) «Расчет сложной электрической схемы в установившемся режиме». Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и методы решения. Последующая защита расчётно-графического задания развивает навыки работы в коллективе, умение доказательно обосновывать свою речь, развивает коммуникативные и творческие навыки;

- **самостоятельная работа** в виде подготовки к рубежному тестированию и выполнению индивидуальных заданий направлена на закрепление материала, изученного в ходе лекций и практических занятий. Самостоятельная работа студентов в виде сообщений на семинаре основана на самостоятельном выборе обучающимися вопроса, который вызывает у

него наибольший интерес, и позволяет расширить знания по изучаемой дисциплине.

По данной дисциплине разработано учебное пособие, которое доступно в фондах НБ ДВФУ в соответствующем разделе:

1. Туркин, Д.Г. Математические задачи энергетики: учеб. пособие / Д.Г. Туркин. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2008.

Успешное освоение учебной дисциплины предполагает активное, творческое участие обучающегося на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. Обучающийся обязан посещать лекции и семинарские (практические, лабораторные) занятия, получать консультации преподавателя и выполнять самостоятельную работу.

Выбор методов и средств обучения, образовательных технологий осуществляется преподавателем исходя из необходимости достижения обучающимися планируемых результатов освоения дисциплины, а также с учетом индивидуальных возможностей обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Организация учебного процесса предусматривает применение инновационных форм учебных занятий, развивающих у обучающихся навыки командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерские качества (включая, при необходимости, проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, методических указаний и разработок, указанных в программе, особое внимание уделить целям, задачам, структуре и содержанию дисциплины.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой дисциплины.

Лекции – это систематическое устное изложение учебного материала. На них обучающийся получает основной объем информации по каждой конкретной теме. Лекции обычно носят проблемный характер и нацелены на освещение наиболее трудных и дискуссионных вопросов, кроме того они способствуют формированию у обучающихся навыков самостоятельной работы с научной литературой.

Предполагается, что обучающиеся приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендованным программой. Часто обучающимся трудно разобраться с дискуссионными вопросами, дать однозначный ответ. Преподаватель, сравнивая различные точки зрения, излагает свой взгляд и нацеливает их на дальнейшие исследования и поиск научных решений. После лекции желательно вечером перечитать и закрепить полученную информацию, тогда эффективность ее усвоения значительно возрастает. При работе с конспектом лекции необходимо отметить материал, который вызывает затруднения для понимания, попытаться найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю.

Целью практических и лабораторных занятий является проверка уровня понимания обучающимися вопросов, рассмотренных на лекциях и в учебной литературе, степени и качества усвоения материала; применение теоретических знаний в реальной практике решения задач; восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса и оказания помощи в его освоении.

Практические (лабораторные) занятия в равной мере направлены на совершенствование индивидуальных навыков решения теоретических и

прикладных задач, выработку навыков интеллектуальной работы, а также ведения дискуссий.

Конкретные пропорции разных видов работы в группе, а также способы их оценки определяются преподавателем, ведущим занятия.

На практических (лабораторных) занятиях под руководством преподавателя обучающиеся обсуждают дискуссионные вопросы, отвечают на вопросы тестов, закрепляя приобретенные знания, выполняют практические (лабораторные) задания и т.п. Для успешного проведения практического (лабораторного) занятия обучающемуся следует тщательно подготовиться.

Основной формой подготовки обучающихся к практическим (лабораторным) занятиям является самостоятельная работа с учебно-методическими материалами, научной литературой, статистическими данными и т.п.

Изучив конкретную тему, обучающийся может определить, насколько хорошо он в ней разобрался. Если какие-то моменты остались непонятными, целесообразно составить список вопросов и на занятии задать их преподавателю. Практические (лабораторные) занятия предоставляют обучающемуся возможность творчески раскрыться, проявить инициативу и развить навыки публичного ведения дискуссий и общения, сформировать определенные навыки и умения и т.п.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя выполнение различного рода заданий (изучение учебной и научной литературы, материалов лекций, систематизацию прочитанного материала, подготовку контрольной работы, решение задач и т.п.), которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины преподаватель предлагает обучающимся перечень заданий для самостоятельной работы. Самостоятельная работа по учебной дисциплине может осуществляться в различных формах (например:



подготовка докладов; написание рефератов; публикация тезисов; научных статей; подготовка и защита курсовой работы / проекта; другие).

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно либо группой и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.

Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Результатом самостоятельной работы должно стать формирование у обучающегося определенных знаний, умений, навыков, компетенций.

Система оценки качества освоения учебной дисциплины включает входной контроль, текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля), промежуточная аттестация обучающихся - оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (модулю) (в том числе результатов курсового проектирования (выполнения курсовых работ)).

При проведении промежуточной аттестации обучающегося учитываются результаты текущей аттестации в течение семестра.

Процедура оценивания результатов освоения учебной дисциплины (модуля) осуществляется на основе действующего Положения об организации текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ДВФУ.

Для приобретения требуемых компетенций, хороших знаний и высокой оценки по дисциплине обучающимся необходимо выполнять все виды работ своевременно в течение учебного периода.

## **IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные и практические занятия по дисциплине «Математические задачи энергетики» проходят в аудиториях, оборудованных компьютерами типа Lenovo C360G-i34164G500UDK с лицензионными программами MicrosoftOffice 2010 и аудио-визуальными средствами проектор Panasonic DLPProjectorPT-D2110XE, плазма LG FLATRON M4716CCBAM4716CJ. Для выполнения самостоятельной работы студенты в жилых корпусах ДВФУ обеспечены Wi-Fi.

## **X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Фонд оценочных средств включает в себя:

- шкалу оценивания уровня сформированности компетенций с описанием индикаторов достижения освоения дисциплины согласно заявленным компетенциям (таблица 6);
- методические рекомендации, определяющие процедуру оценивания результатов освоения дисциплины;
- перечень типовых экзаменационных вопросов;
- критерии выставления оценки студенту на экзамене (таблица 7);
- типовые задания для выполнения расчётно-графической работы;
- критерии оценки расчётно-графических работ;
- тесты для текущего контроля;
- критерии оценки промежуточного тестирования;
- вопросы для самоконтроля;

Таблица 6 – Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

| <b>Код и формулировка</b> | <b>Этапы формирования компетенции</b> | <b>Критерии</b> | <b>Показатели</b> |
|---------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|
|---------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|

| <b>компетенции</b>   |                                     |   |  |  |
|--|-------------------------------------|---|--|--|
| ПК-2 - Способен к определению норм расхода топлива и всех видов энергии, определению технико-экономических показателей работы основного и вспомогательного теплоэнергетического, электроэнергетического и электросетевого оборудования | <b>знает</b><br>(пороговый уровень) | основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы действия электроэнергетических объектов;                               | Знает современные математические методы, ориентированные на применение ЭВМ для решения электротехнических задач; Основные положения матричной алгебры; принципы составления и преобразования схем замещения элементов электроэнергетических систем | Имеет представление о современных математических методах, ориентированных на применение ЭВМ для решения электротехнических задач; Способность применить положения матричной алгебры; принципы составления и преобразования схем замещения элементов электроэнергетических систем |
|  | <b>умеет</b><br>(продвинутый)       | применять математические методы для решения профессиональных задач;   | Записывать и преобразовывать уравнения установившихся режимов электроэнергетических систем; выполнять операции над матрицами, рассчитывать параметры схем замещения  | Способность решения задач расчета установившихся режимов электроэнергетических систем  |
|  | <b>владеет</b><br>(высокий)         | методами построения математических моделей типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов, пакетами прикладных программ, используемых при | Владеет навыками обращения с матричной записью уравнений установившихся режимов работы электроэнергетических систем; навыками применения методов решения систем линейных и нелинейных  | Демонстрирует навыки обращения с матричной записью уравнений установившихся режимов работы электроэнергетических систем; навыками применения методов решения систем линейных   |

|  |                                     |   |  |   |
|--|-------------------------------------|---|--|---|
|  |                                     | моделировании объектов и процессов;   | алгебраических уравнений состояния электроэнергетической сети  | и нелинейных алгебраических уравнений состояния электроэнергетической сети  |
|  | <b>знает</b><br>(пороговый уровень) | методы анализа научно-технической информации, требования, предъявляемые для составления научно-технической документации;  | - основные методы, способы и средства получения, хранения и практического использования полученной информации;<br>- основные нормативные документы и руководящие указания, необходимые для расчетов; | Имеет представление о методах анализа научно-технической информации, требованиях, предъявляемых для составления научно-технической документации;  |
|  | <b>умеет</b><br>(продвинутый)       | составлять и оформлять научно-техническую документацию, осуществлять подбор и анализ научно-технической литературы и прочих источников, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию; | - использовать типовые решения и разрабатывать оригинальные проекты по действующим нормам;<br>- использовать информационные технологии и современные средства расчетов;                              | Способность составлять и оформлять научно-техническую документацию, осуществлять подбор и анализ научно-технической литературы и прочих источников, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию; |
|  | <b>владеет</b><br>(высокий)         | навыками составления и оформления научно-технической документации;  | - отраслевыми программами, необходимыми для проведения расчетов;<br>- основными средствами и типовыми программами;   | Демонстрировать навыки составления и оформления научно-технической документации.  |

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Математические задачи энергетики» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Математические задачи энергетики» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, защиты расчётно-графической работы и индивидуального домашнего задания, тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Математические задачи энергетики» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Математические задачи энергетики»

предусмотрен зачет, который проводится в устной форме.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические задачи энергетики» представлен вопросами к зачету и примерным перечнем тестовых вопросов, предусмотренных РПУД в качестве промежуточной аттестации контроля освоения теоретической и практической составляющих дисциплины. Промежуточная аттестация проходит в виде зачета, согласно учебному плану.

### **Перечень типовых экзаменационных вопросов**

1. Электрические сети. Определение. Основные элементы.
2. Электрические станции. Общие понятия.
3. Электроэнергетическая система, установившиеся и переходные режимы системы, параметры системы и параметры режима.
4. Общая задача расчета установившихся режимов электроэнергетической системы и основные этапы ее решения.
5. Схема замещения электроэнергетической системы для расчетов установившихся режимов, ее основные элементы.
6. Уравнения состояния линейной электрической цепи как основа математического описания установившихся режимов.
7. Законы Ома и Кирхгофа в матричной форме.
8. Первая и вторая матрицы соединений, их взаимосвязь.
9. Формирование и свойства матрицы узловых проводимостей.
10. Формирование и свойства матрицы контурных сопротивлений.
11. Преобразованные формы уравнений состояния.
12. Решение уравнений состояния итерационными методами.

13. Метод простой итерации. Условия сходимости в методе простой итерации.
14. Метод Зейделя. Условия сходимости в методе Зейделя.
15. Метод Ньютона – Рафсона (для одного уравнения и для системы уравнений).
16. Случайные события в электроэнергетике.
17. Случайные величины в электроэнергетике.
18. Методы математической статистики в электроэнергетике.
19. Случайные процессы.
20. Линейная интерполяция.
21. Квадратичная интерполяция.
22. Аппроксимация функций одной переменной.
23. Метод наименьших квадратов.
24. Основные понятия и определения теории оптимизации.
25. Локальные и глобальный экстремумы.
26. Математическая модель.
27. Математическое программирование.
28. Классические методы определения условных экстремумов функции.
29. Геометрическая интерпретация линейного программирования
30. Симплекс-метод.
31. Транспортная задача.
32. Классификация методов нелинейного программирования.
33. Покоординатный спуск
34. Метод наискорейшего спуска
35. Градиентный метод

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине «Математические задачи энергетики»:**

Таблица 7 – Критери выставления оценки студенту на экзамене

| <b>Баллы</b><br>(рейтингов) | <b>Оценка</b><br><b>экзамена</b> | <b>Требования к сформированным компетенциям</b><br><i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями.</i> |
|-----------------------------|----------------------------------|---|
|-----------------------------|----------------------------------|---|

| ой оценки) | (стандартная)         | <i>Привязать к дисциплине</i>  |
|------------|-----------------------|--|
| 100 - 86   | «отлично»             | Выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.   |
| 85 - 76    | «хорошо»              | Выставляется студенту, если он имеет знания основного материала, но допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения  |
| 75 - 61    | «удовлетворительно»   | Выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.  |
| 60 и менее | «неудовлетворительно» | Выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

### **Типовые задания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Математические задачи энергетики»**

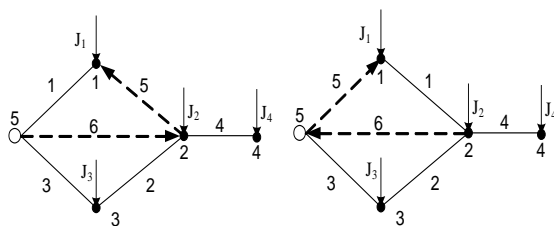
#### **Задание 1.**

Для заданной схемы замещения, представленной в виде графа, определить значения токов в ветвях, используя матричные уравнения состояния электрической цепи. Исходные данные для решения задачи приведены ниже

**УКАЗАНИЕ.** Для выполнения расчета воспользоваться методом решения, в котором используется разделение первой и второй матриц инцидентий на блоки в соответствии с делением графа на дерево и хорды.







## Задание 2

Решить систему линейных уравнений  $Ax=B$  методами :

- методом гаусса с прямым или обратным ходом
- простых итераций.
- Зейделя.

Итерационными методами решение задачи найти с точностью  $\varepsilon = 10^{-3}$

Исходные данные к Заданию 2.

| № |   | № |  |
|---|---|---|--|
| 0 | $\begin{cases} 15x_1 + 2x_2 - 8x_3 = 2 \\ -3x_1 - 20x_2 + 7x_3 = 5 \\ 4x_1 - 9x_2 + 15x_3 = -3 \end{cases}$     | 5 | $\begin{cases} 8x_1 + x_2 - 2x_3 = 2 \\ x_1 - 6x_2 + 3x_3 = 1 \\ x_1 - x_2 + 9x_3 = -1 \end{cases}$          |
| 1 | $\begin{cases} 7x_1 + 2x_2 - 2x_3 = 2 \\ -2x_1 - 12x_2 + 3x_3 = 1 \\ x_1 - 2x_2 + 4.5x_3 = -1 \end{cases}$      | 6 | $\begin{cases} 4x_1 + x_2 - 2x_3 = 2 \\ -3x_1 - 12x_2 - 5x_3 = 2 \\ 2x_1 - 2x_2 + 9x_3 = -1 \end{cases}$     |
| 2 | $\begin{cases} 1.2x_1 + 0.2x_2 - 0.1x_3 = 2 \\ -2x_1 - 7x_2 + 0.7x_3 = 1 \\ x_1 - 2x_2 + 9x_3 = -1 \end{cases}$ | 7 | $\begin{cases} -8x_1 + 2x_2 - 4x_3 = 1 \\ 2x_1 - 18x_2 + 9x_3 = 4 \\ 4x_1 - 3x_2 + 11x_3 = 2 \end{cases}$    |
| 3 | $\begin{cases} -8x_1 + 2x_2 - 4x_3 = 1 \\ 2x_1 - 18x_2 + 9x_3 = 4 \\ 4x_1 - 3x_2 + 11x_3 = 2 \end{cases}$       | 8 | $\begin{cases} -5x_1 - 2x_2 - x_3 = 3 \\ 2x_1 - 8x_2 + 3x_3 = 1.5 \\ 1.5x_1 - 2x_2 + 4.5x_3 = 4 \end{cases}$ |
| 4 | $\begin{cases} -5x_1 - 2x_2 - x_3 = 3 \\ 2x_1 - 8x_2 + 3x_3 = 1.5 \\ 1.5x_1 - 2x_2 + 4.5x_3 = 4 \end{cases}$    | 9 | $\begin{cases} 8x_1 + x_2 - 2x_3 = 2 \\ x_1 - 6x_2 + 3x_3 = 1 \\ x_1 - x_2 + 9x_3 = -1 \end{cases}$          |

## Задание 3.

Дана система линейных уравнений и целевая функция. Применяя симплексный метод решения задачи линейного программирования, найти оптимальное значение целевой функции  $Z$  и значения переменных:

$$\left. \begin{aligned} x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 &= b_1 \\ + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + x_4 &= b_2 \end{aligned} \right\} \text{уравнения ограничений}$$

$$+ C_2x_2 + C_3x_3 = Z \quad - \text{целевая функция}$$

$m=2$  – число уравнений ограничений

$n=4$  – число неизвестных.

Исходные данные к Заданию 3.

| Коэффициенты<br>в уравнениях<br>ограничение | Предпоследняя цифра шифра студента |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | 0                                  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| $a_{12}$                                    | -4                                 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| $a_{13}$                                    | 6                                  | 8  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 12 | 12 | 14 |
| $b_1$                                       | 8                                  | 3  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 3  | 3  |
| $a_{22}$                                    | 5                                  | 5  | 5  | 6  | 6  | 5  | 9  | 9  | 10 | 9  |
| $a_{23}$                                    | -6                                 | -6 | -6 | -7 | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 |
| $b_2$                                       | 6                                  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| Коэффициенты<br>в целевой<br>функции        | Последняя цифра шифра студента     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|   | 0                                  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| $c_2$                                       | -7                                 | -2 | -3 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 |
| $c_3$                                       | -4                                 | -3 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |

#### Задание 4.

Задача выбора оптимальной конфигурации электрической сети.

Задание выдается преподавателем или из приведенной ниже таблицы, в которой заданы мощности трех источников электроэнергии  $a_i$  и установленные мощности четырех потребителей  $b_j$ , заданы удельные стоимости передачи электроэнергии от источника  $i$  потребителю  $j$  ( $C_{ij}$ ).

Требуется:

1. Построить опорные планы по методам: «Северо-западного угла», «Стоимости в строке», и «Минимальной стоимости в столбце».
2. По «Методу потенциалов» найти оптимальное решение.
1. На плане построить оптимальные электрические сети.

Примечание: все подстанции тупиковые, транспортная задача закрытая.

Решение представить в виде транспортной матрицы.

Транспортная матрица

|       |                      |                      |                      |                      |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| i \ j | $V_1$                | $V_2$                | $V_3$                | $V_4$                |
| $A_1$ | $C_{11}$<br>$X_{11}$ | $C_{12}$<br>$X_{12}$ | $C_{13}$<br>$X_{13}$ | $C_{14}$<br>$X_{14}$ |
| $A_2$ | $C_{21}$<br>$X_{21}$ | $C_{22}$<br>$X_{22}$ | $C_{23}$<br>$X_{23}$ | $C_{24}$<br>$X_{24}$ |
| $A_3$ | $C_{31}$<br>$X_{31}$ | $C_{32}$<br>$X_{32}$ | $C_{33}$<br>$X_{33}$ | $C_{34}$<br>$X_{34}$ |

Исходные данные к Заданию 4.

| Мощности источников и потребителей МВт | Предпоследняя цифра шифра студента |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|  | 0                                  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| $a_1$                                  | 25                                 | 26 | 20 | 22 | 27 | 26 | 21 | 27 | 29 | 26 |
| $a_2$                                  | 25                                 | 33 | 20 | 41 | 12 | 27 | 32 | 28 | 14 | 21 |
| $a_3$                                  | 50                                 | 46 | 55 | 45 | 54 | 46 | 49 | 47 | 49 | 46 |
| $b_1$                                  | 15                                 | 15 | 13 | 19 | 14 | 19 | 10 | 16 | 12 | 10 |
| $b_2$                                  | 20                                 | 21 | 17 | 22 | 20 | 19 | 23 | 20 | 17 | 19 |
| $b_3$                                  | 30                                 | 30 | 28 | 35 | 28 | 29 | 31 | 31 | 25 | 34 |
| $b_4$                                  | 35                                 | 39 | 37 | 32 | 31 | 32 | 38 | 35 | 38 | 30 |
| Стоимость передачи 1 МВт               | Последняя цифра шифра студента     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  | 0                                  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| $C_{11}$                               | 10                                 | 17 | 19 | 1  | 9  | 4  | 7  | 20 | 18 | 5  |
| $C_{12}$                               | 5                                  | 12 | 10 | 15 | 17 | 2  | 15 | 19 | 16 | 16 |
| $C_{13}$                               | 6                                  | 7  | 3  | 8  | 6  | 8  | 5  | 11 | 3  | 4  |
| $C_{14}$                               | 7                                  | 6  | 10 | 17 | 7  | 7  | 20 | 8  | 4  | 7  |
| $C_{21}$                               | 8                                  | 2  | 19 | 13 | 4  | 8  | 20 | 19 | 15 | 6  |
| $C_{22}$                               | 2                                  | 12 | 9  | 19 | 9  | 15 | 1  | 3  | 13 | 9  |
| $C_{23}$                               | 7                                  | 14 | 13 | 17 | 8  | 17 | 6  | 16 | 9  | 7  |
| $C_{24}$                               | 5                                  | 12 | 11 | 14 | 14 | 6  | 3  | 17 | 4  | 4  |
| $C_{31}$                               | 9                                  | 6  | 15 | 8  | 6  | 2  | 3  | 1  | 2  | 13 |
| $C_{32}$                               | 3                                  | 18 | 18 | 19 | 5  | 11 | 10 | 19 | 1  | 4  |
| $C_{33}$                               | 4                                  | 4  | 11 | 11 | 4  | 4  | 20 | 7  | 5  | 13 |

|                 |   |   |    |    |   |    |   |   |   |    |
|-----------------|---|---|----|----|---|----|---|---|---|----|
| C <sub>34</sub> | 8 | 4 | 16 | 15 | 8 | 18 | 3 | 5 | 3 | 13 |
|-----------------|---|---|----|----|---|----|---|---|---|----|

### Критерии оценки РГР:

✓ 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты расчётно-графического задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 - баллов – работа выполнена полностью; допущено не более 1 ошибки при выборе и проверке оборудования или одна-две ошибки в оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 балл – работа выполнена полностью. Допущено не более 2 ошибок в расчётах РГР или оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 6-5 баллов - Работа выполнена. Допущено три или более трех ошибок в расчётах, в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

### Тесты для текущего контроля

1. Граф цепи включает  $q$  узлов и  $p$  ветвей. Сколько ветвей содержит его дерево?

a.  $p - 1$

b.  $q - 1$

c.  $p - q + 1$

d.  $p - q - 1$

e. ответ зависит от способа выбора дерева

2. Каково минимально возможное число ненулевых элементов в каждой строке матрицы соединений?

a. Два

- b. Один
- c. Ответ зависит от структуры цепи
- d. Три
- e. Нет правильного ответа

3. Каково минимально возможное число ненулевых элементов в каждом столбце матрицы контуров?

- a. Два
- b. Один
- c. Ответ зависит от структуры цепи
- d. Нуль
- e. Нет правильного ответа

4. Каково максимально возможное число ненулевых элементов в каждой строке матрицы соединений?

- a. Два
- b. Один
- c. Ответ зависит от структуры цепи
- d. Не ограничено
- e. Нет правильного ответа

5. Каково максимально возможное число ненулевых элементов в каждом столбце матрицы контуров?

- a. Два
- b. Один
- c. Ответ зависит от структуры цепи
- d. Не ограничено
- e. Нет правильного ответа

6. Каково минимально возможное число ненулевых элементов в каждой строке матрицы соединений?

- a. Два
- b. Один
- c. Ответ зависит от структуры цепи

- d. Три
  - e. Нет правильного ответа
7. Каково минимально возможное число ненулевых элементов в каждой строке матрицы контуров?
- a. Два
  - b. Один
  - c. Ответ зависит от структуры цепи
  - d. Нуль
  - e. Нет правильного ответа
8. Случайное событие, это такое событие
- a. причины которого неизвестны;
  - b. если условия в которых оно происходит, различны;
  - c. закономерности которого не поддаются наблюдению;
  - d. которое при совокупности одних и тех же условий может произойти, а может не произойти.
9. Случайные события обозначаются
- a. числами от 0 до 1;
  - b. большими буквами;
  - c. малыми буквами.
10. Событие называется достоверным,
- a. если вероятность его близка к единице;
  - b. если при заданном комплексе факторов оно может произойти;
  - c. если при заданном комплексе факторов оно обязательно произойдет;
  - d. если вероятность события не зависит от причин, условий, испытаний.
11. Событие, которое при заданном комплексе факторов не может осуществиться называется:
- a. несовместным;
  - b. независимым;

- c. невозможным;
  - d. противоположным.
12. События называются несовместными, если
- a. в данном опыте они могут появиться все вместе;
  - b. сумма вероятностей их равна единице;
  - c. хотя бы одно из них не может появиться одновременно с другим;
  - d. в одном и том же опыте появление одного из них исключает появление других событий.
13. Несколько событий в данном опыте называются равновероятными,
- a. если при заданном комплексе факторов они произойдут;
  - b. если есть основание считать, что ни одно из этих событий не является более возможным чем другое и появление одного из них исключает появление другого.
  - c. если есть основание считать, что ни одно из этих событий не является более возможным чем другое.
14. Два события называются противоположными
- a. если они равновероятные и в сумме составляют достоверное событие;
  - b. если они несовместны и в сумме составляют достоверное событие;
  - c. если сумма вероятностей их равна единице;
  - d. если они взаимно исключают друг друга.
15. Суммой, (объединением) нескольких случайных событий называется
- a. событие, состоящее в появлении любого из этих событий;
  - b. событие, состоящее в появлении всех указанных событий;
  - c. событие, состоящее в появлении хотя бы одного из этих событий;
  - d. событие, состоящее в появлении одного из этих событий.
16. Произведением, совмещением, нескольких событий называется



- a. событие, состоящее в осуществлении любого из этих событий;
  - b. событие, состоящее в появлении хотя бы одного из этих событий;
  - c. состоящее в последовательном появлении всех этих событий;
  - d. состоящее в осуществлении одновременно всех этих событий.
17. Какие функции выполняет электроэнергетическая система.
- a. производство, преобразование и распределение электроэнергии;
  - b. производство, передача, распределение и потребление электроэнергии;
  - c. производство, передача и распределение электроэнергии.
18. Математическая модель задачи линейной оптимизации может быть записана в следующей форме:
- a. общей;
  - b. Лагранжа;
  - c. канонической;
  - d. числовой;
  - e. симметричной.
19. Какие методы относятся к методам нахождения начального опорного плана в транспортной задаче:
- a. метод аппроксимации;
  - b. метод минимального элемента;
  - c. метод Лагранжа;
  - d. метод Фогеля;
  - e. метод «северо-западного угла».
20. Критерием оптимальности при нахождении минимума функции транспортной задачи служит:
- a. неотрицательность значений потенциалов;
  - b. неположительность оценок незаполненных клеток транспортной таблицы;
  - c. неотрицательность оценок заполненных клеток транспортной таблицы;

d. неотрицательность оценок незаполненных клеток транспортной таблицы.

21. Для решения задач линейной оптимизации можно использовать следующий математический аппарат:

- a. метод наименьших квадратов;
- b. симплексный метод;
- c. асимптотические формулы;
- d. графический метод;
- e. метод аппроксимации.

22. Математическая модель включает в себя:

- a. целевую функцию;
- b. ограничения;
- c. граничные условия;
- d. способы решения.

23. К основным критериям оптимизации, применяемым в задачах энергетики, можно отнести:

- a. экономические критерии;
- b. критерий управляемости;
- c. критерий качества;
- d. критерий наглядности.

24. Решение оптимизационной задачи выполняются методами стохастического программирования, в случае если исходные данные представлены:

- a. случайными величинами;
- b. целочисленными величинами;
- c. дискретными величинами;
- d. недетерминированной (неопределенной) исходной информацией.

25. Решение оптимизационной задачи выполняются с применением математического аппарата теории игр, в случае если исходные данные представлены:

- a. случайными величинами;
- b. целочисленными величинами;
- c. дискретными величинами;
- d. недетерминированной (неопределенной) исходной информацией.

26. Если в транспортной задаче суммарный запас груза у поставщиков меньше суммарного спроса потребителей, то:

- a. необходимо уменьшить опросы потребителей;
- b. для разрешимости задачи необходимо ввести фиктивного потребителя;
- c. для разрешимости задачи необходимо ввести фиктивного поставщика;
- d. задача не имеет решения.

27. Признаком оптимальности при решении задачи максимизации линейного программирования симплексным методом является:

- a. неотрицательность элементов столбца свободных членов целевой функции;
- b. неотрицательность элементов n-строки системы ограничений;
- c. неположительность элементов n-строки системы ограничений.

28. Признаком оптимальности при решении задачи минимизации линейного программирования симплексным методом является:

- a. неположительность элементов столбца свободных членов целевой функции;
- b. неотрицательность элементов n-строки системы ограничений;
- c. неположительность элементов n-строки системы ограничений.

29. Записать математическую модель транспортной задачи можно в виде:

- a. таблицы;
- b. линейных уравнений;
- c. нелинейных уравнений.

30. В транспортной задаче ограничения:
- имеют форму равенств;
  - имеют форму неравенств;
  - отсутствуют в математической модели.
31. Допустимое решение транспортной задачи является опорным, если
- занятые в этом решении клетки образуют циклы;
  - в этом решении заполненные клетки таблицы транспортной задачи не образуют ни одного цикла (число заполненных клеток таблицы равно  $(t+p-1)$ , где  $t$ - число поставщиков, а  $p$ - число потребителей);
  - оно получено симплексным методом.
32. Допустимое решение транспортной задачи является оптимальным, если
- в этом решении заполненные клетки таблицы транспортной задачи не образуют ни одного цикла (число заполненных клеток таблицы равно  $(t+p-1)$ , где  $t$ - число поставщиков, а  $p$ - число потребителей);
  - оно получено симплексным методом;
  - в этом решении заполненные клетки таблицы транспортной задачи образуют циклы (число заполненных клеток таблицы равно  $(t+p+1)$ , где  $t$ - число поставщиков, а  $p$ - число потребителей).
33. В математическую модель транспортной задачи с транзитная мощность:
- входит со знаком минус;
  - входит со знаком плюс;
  - вообще не входит в математическую модель.
34. Основными методами решения нелинейных оптимизационных задач считаются:
- Градиентные методы;

- b. Метод Рунге-Кутта;
- c. Метод неопределенных множителей Лагранжа;
- d. Метод Монте-Карло.

35. Каким методом решаются многокритериальные оптимизационные задачи?

- a. Методом искусственного базиса
- b. Венгерским методом
- c. Методом ветвей и границ
- d. Методом последовательных уступок

### **Критерии оценки промежуточного тестирования**

Цель тестов – определение уровня усвоения студентами знаний по вопросам электроснабжения в соответствии с учебной программой при проведении промежуточной аттестации.

Содержание тестов. В соответствии с учебной рабочей программой тесты соответствуют темам дисциплины «Математические задачи энергетики».

Структура тестов. В каждом из указанных разделов выделяется по несколько тем, в соответствии с которыми формируются тесты. К каждому вопросу дается по четыре ответа, один из которых может быть правильным или, наоборот, три вопроса могут быть верными и только один неправильный.

Условия применения. Для проверки знаний для промежуточной аттестации студент получает 5 вопросов. Каждый вопрос требует выбора правильного ответа, который оценивается в 2 балла. В итоге студент может набрать 10 баллов. Билеты формируются из вопросов по всем пройденным разделам курса. Проверка знаний на экзамене по этим билетам не производится.

Для ответа на все вопросы студенту предоставляется 20-25 минут.



## Вопросы для самоконтроля

1. Что такой узел?
2. Объясните первый закон Кирхгофа.
3. Объясните второй закон Кирхгофа.
4. Что называется схемой электрической цепи?
5. Какие матрицы называются равными?
6. Что такая единичная матрица?
7. Когда матрица имеет обратную матрицу?
8. Когда система линейных уравнений имеет единственное решение?
9. Схема замещения как связанный граф – общие определения.
10. Составление первой матрицы инциденций.
11. Узловое уравнение для схемы замещения.
12. Разделение схемы замещения на дерево и хорды.
13. Составление второй матрицы инциденций.
14. Разделение матриц инциденций на блоки в соответствии с разделением схемы замещения на дерево и хорды.
15. Топологические свойства графа – получение матрицы контуров по матрице соединений.
16. Свойства матрицы произведений  $M \cdot M_t$  и  $NN_t$ .
17. Выражение напряжений на ветвях схемы.
18. Составление матрицы распределения токов  $S_p$ .
19. На основе каких законов электротехники выводятся узловые уравнения установившихся режимов?
20. Что выражают левая и правая части уравнений узловых напряжений и система узловых уравнений в целом?
21. Как определяются проводимости ветвей схемы замещения электрической сети?
22. Как определяются элементы матрицы узловых проводимостей?

23. Сформулируйте основные свойства матрицы узловых проводимостей.
24. На основе каких законов электротехники выводятся контурные уравнения установившихся режимов электрической сети?
25. Что выражают контурные уравнения?
26. На какие подматрицы разделяются матрицы параметров электрической сети, параметров режима и матрицы инцидентов?
27. В чем суть принципа наложения, применяемого при записи токов в дереве сети?
28. Как определить(записать) алгебраическую сумму падений напряжений по ветвям дерева сети?
29. Методы решения уравнений состояния электрической системы – общая классификация.
30. Метод Гаусса с обратным ходом.
31. Схема Жордана.
32. Применение оценки Адамара.
33. Метод простой итерации.
34. Метод Зейделя.
35. Схема главной диагонали.
36. Критерий сходимости и условие завершения итерационного процесса.
37. Что такое «вероятность события»?
38. Что такое «частота события»?
39. Дать определение теоремы сложения вероятностей.
40. Дать определение теоремы умножения вероятностей.
41. Объяснить понятие «закон распределения случайной величины».
42. Объяснить понятие «плотность распределения».
43. Охарактеризовать основные числовые характеристики случайных величин.
44. Основные характеристики биномиального распределения.



45. Основные характеристики распределения Пуассона.
46. Основные характеристики нормального закона распределения.
47. Симплекс метод как метод линейного программирования.
48. Общая постановка оптимизационных задач в энергетике.
49. Запишите математическую модель транспортной задачи.
50. Опорный план – способы построения.
51. Сформулируйте принцип отыскания допустимого решения в транспортной задаче.
52. Метод потенциалов как модификация транспортной задачи.
53. Транспортная задача с учетом транзита мощности.
54. Транспортная задача с учетом ограничения пропускной способности линий электропередач.
55. Критерии оптимальности структуры транспорта в транспортной задаче.
56. Цикл пересчета при оптимизации транспортной задачи.
57. Определите основные понятия математической модели: целевая функция, ограничения, граничные условия.
58. Назовите основные методы решения линейных оптимизационных задач и основные этапы этих методов.
59. Поясните суть метода экспертных оценок.