

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**В. В. Кибартас**

## **ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студентов магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль программы «Электроснабжение»

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

УДК 621.314

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»  
М.С. Харитонов

**Кибартас, В. В.**

Оптимизационные задачи электроэнергетики: учеб.-методич. пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студ. магистратуры по направлению подгот. 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль программы «Электроснабжение» / **В. В. Кибартас.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 23 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины содержится рекомендации по изучению теоретического материала и самостоятельной подготовке, дано описание видов текущего контроля, критерии оценок и условия допуска к текущей и промежуточной аттестации.

Табл. – 4, список литературы – 5 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 25.09.2023 г., протокол № 11

УДК 621.314

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2023 г.  
© Кибартас В.В., 2023 г.

## Оглавление

Введение .....	4
1. Тематический план дисциплины .....	7
2. Содержание дисциплины.....	7
Тема 1. Математическая модель оптимизационной задачи.....	7
Тема 2. Линейные оптимизационные задачи .....	8
Тема 3. Транспортные задачи электроэнергетики .....	9
Тема 4. Нелинейные оптимизационные задачи .....	10
Тема 5. Многокритериальные оптимизационные задачи .....	11
3. Методические указания по самостоятельной работе студентов .....	12
Заключение.....	14
Библиографический список.....	15
Приложение № 1 .....	16
Приложение № 2.....	20
Приложение № 3.....	22

## Введение

Дисциплина «Оптимизационные задачи электроэнергетики» обеспечивает формирование знаний, умений и навыков выбора критериев оптимизации и последовательности решения оптимизационных задач.

Целью освоения дисциплины является формирование знаний и навыков в использовании методов и средств научных исследований для решения оптимизационных задач в области электроэнергетики и электротехники.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с конкретным математическим аппаратом для прикладных исследований;
- изучение методов оптимизации, используемыми в электроэнергетике;
- изучение методов математического программирования;
- ознакомление с программным обеспечением современной вычислительной техники.

По завершении изучения дисциплины «Оптимизационные задачи электроэнергетики» у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

Знать: передовые отечественные и зарубежные достижения, основные направления и перспективы развития задач оптимального управления электропотреблением;

Уметь: использовать углубленные теоретические и практические знания, ставить оптимизационные задачи исследования и анализировать результаты исследований в области управления электропотреблением;

Владеть: основными методами, используемыми в области управления электропотреблением объектов региональных электротехнических комплексов.

## Текущая и промежуточная аттестация студентов

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания (для студентов всех форм обучения);
- задания и контрольные вопросы по темам практических занятий (для студентов всех форм обучения).
- задания к контрольной работе (для студентов заочной формы обучения).

Задания и контрольные вопросы к практическим занятиям по дисциплине приведены в приложении 1, задания к контрольной работе в приложении 2.

Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (зачета с оценкой) проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Контрольные вопросы по дисциплине, которые при необходимости (в случае не прохождения обучающимся всех видов текущего контроля) могут быть использованы для промежуточной аттестации, приведены в приложении 3. Результаты промежуточной аттестации определяются по системе дифференцированного зачета (зачета с оценкой) в соответствии с критериями, представленными в таблице 1.

## Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2 Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии	Может найти необходимую ин-	Может найти, интерпретировать и система-	Может найти, систематизировать необходимую ин-

	находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	формацию в рамках поставленной задачи	тизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

### *Структура учебно-методического пособия*

Структура учебно-методического пособия включает тематический план дисциплины, содержание каждой темы дисциплины, указания для самостоятельной работы студентов, библиографический список. По каждой теме дисциплины в учебно-методическом пособии приводятся: методические указания по проведению занятия, список рекомендуемой литературы и методические материалы к занятию. В приложении приведены контрольные вопросы по дисциплине.

## 1. Тематический план дисциплины

Темы занятий приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Разделы и темы занятий по дисциплине

№ п/п	Темы занятий по дисциплине
1	<b>Тема 1.</b> Математическая модель оптимизационной задачи
2	<b>Тема 2.</b> Линейные оптимизационные задачи
3	<b>Тема 3.</b> Транспортные задачи электроэнергетики
4	<b>Тема 4.</b> Нелинейные оптимизационные задачи
5	<b>Тема 5.</b> Многокритериальные оптимизационные задачи

Примечание: Чтение лекций осуществляется традиционным способом с использованием технических средств обучения.

## 2. Содержание дисциплины

### Тема 1. Математическая модель оптимизационной задачи

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Целевая функция.
2. Ограничения.
3. Граничные условия.
4. Условная, безусловная оптимизация.
5. Локальный, глобальный экстремумы.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Что такое целевая функция?
2. Как математически записывается целевая функция?
3. Как задаются граничные условия при решении оптимизационных задач?
4. Как задаются начальные условия при решении оптимизационных задач?
5. Что такое глобальный экстремум функции?
6. Что такое локальный экстремум функции?

7. В чем заключается алгоритм решения оптимизационной задачи?
8. Для чего нужны начальные приближения при поиске экстремума?
9. Что из себя представляет алгоритм поиска глобального экстремума?

Рекомендуемая литература:

1. Основы научных исследований: Учебное пособие / Б. И. Герасимов [и др.]; ред.: В. Д. Жариков, Н. А. Чайников, Н. Г. Астафьева. — М. : Форум, 2013. — 272 с.
2. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учебное пособие. — СПб.: СЗТУ, 2003 — 120 с.
3. Ашманов, С. А., Тимохов, А. В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях: Учебное пособие. 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 448 с: ил. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/3799/>

## **Тема 2. Линейные оптимизационные задачи**

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Линейная целевая функция.
2. Графическое решение задачи линейного программирования.
3. Алгебраическое преобразование систем линейных уравнений.
4. Симплекс-метод поиска оптимума.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Как формулируется задача линейного программирования?
2. Как графически определить область допустимых значений переменных целевой функции?
3. Что такое линии равного уровня целевой функции?
4. Где находится оптимальное решение оптимизационной задачи относительно многогранника ограничений?
5. В чем заключается идея симплекс-метода при решении задач линейного программирования?



6. Что такое базисная переменная при решении задач линейного программирования?

7. Что такое свободная переменная при решении задач линейного программирования?

*Рекомендуемая литература:*

1. Основы научных исследований: Учебное пособие / Б. И. Герасимов [и др.]; рец.: В. Д. Жариков, Н. А. Чайников, Н. Г. Астафьева. — М. : Форум, 2013. — 272 с.

2. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учебное пособие. — СПб.: СЗТУ, 2003 — 120 с.

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

### **Тема 3. Транспортные задачи электроэнергетики**

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Постановка транспортной задачи.
2. Получение допустимого решения.
3. Распределительный метод.
4. Метод потенциалов.
5. Транспортная задача с транзитом мощности.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. В чем заключается смысл транспортной задачи применительно к электроэнергетике?

2. Как определить количество переменных в транспортной задаче применительно к электроэнергетике?

3. В чем заключается смысл граничных условий транспортной задачи применительно к электроэнергетике?

4. Какие балансы учитываются при решении транспортной задачи применительно к электроэнергетике?
5. Куда должна стремиться целевая функция при оптимизации транспортной задачи?
6. Каковы особенности формулировки транспортной задачи применительно к электрическим сетям?
7. Что такое транзитный узел схемы электрической сети?
8. Что означает транзит мощности в транспортной задаче?

*Рекомендуемая литература:*

1. Основы научных исследований: Учебное пособие / Б. И. Герасимов [и др.]; рец.: В. Д. Жариков, Н. А. Чайников, Н. Г. Астафьева. — М. : Форум, 2013. — 272 с.
2. Гнатюк, В. И. Потенциал энергосбережения регионального электротехнического комплекса [Монография] / В. И. Гнатюк, Б. Л. Геллер, Д. В. Луценко, О. Р. Кивчун. — Калининград: [Изд-во КГТУ], [2015]. — 106 с.
3. Гнатюк, В. И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В. И. Гнатюк. — 3-е изд., перераб. и доп. — Электронные текстовые данные. — Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2019]. — Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>, свободный.
4. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учебное пособие. — СПб.: СЗТУ, 2003 — 120 с.
5. Ашманов, С. А., Тимохов, А. В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях: Учебное пособие. 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 448 с: ил. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/3799/>

#### **Тема 4. Нелинейные оптимизационные задачи**

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Нелинейное программирование.
2. Визуализация решения.
3. Градиентные методы.

4. Метод неопределенных множителей Лагранжа.
5. Оптимизационные задачи распределения активной мощности.
6. Оптимизационные задачи распределения компенсирующих устройств.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Что такое компенсация реактивной мощности потребителя?
2. Как выглядит целевая функция, учитывающая суммарные затраты на установку устройств компенсации и потери активной мощности в схеме?
3. Каковы ограничения при работе электросети с учетом компенсации реактивной мощности?
4. Как выглядит целевая функция, учитывающая затраты на потери активной мощности в схеме?
5. Что такое градиент целевой функции?
6. Как проявляются условия неопределенности оптимизационных задач?

*Рекомендуемая литература:*

1. Основы научных исследований: Учебное пособие / Б. И. Герасимов [и др.]; рец.: В. Д. Жариков, Н. А. Чайников, Н. Г. Астафьева. — М.: Форум, 2013. — 272 с.
2. Гнатюк, В. И. Потенциал энергосбережения регионального электротехнического комплекса [Монография] / В. И. Гнатюк, Б. Л. Геллер, Д. В. Луценко, О. Р. Кивчун. — Калининград: [Изд-во КГТУ], [2015]. — 106 с.
3. Гнатюк, В. И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В. И. Гнатюк. — 3-е изд., перераб. и доп. — Электронные текстовые данные. — Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2019]. — Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>, свободный.
4. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учебное пособие. — СПб.: СЗТУ, 2003 — 120 с.
5. Ашманов, С. А., Тимохов, А. В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях: Учебное пособие. 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 448 с: ил. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/3799/>

## **Тема 5. Многокритериальные оптимизационные задачи**

*Методические указания по проведению занятия:*

Лекционное занятие предполагает связанное, последовательное представление материала в соответствии с новейшими данными науки и актуальными инженерно-техническими сведениями с целью изложения студентам основного содержания темы дисциплины в целостном, систематизированном виде. Форма

проведения занятий и методы изложения материала, в том числе с использованием мультимедийных средств, определяются преподавателем из соображений обеспечения удобства и качества усвоения учебного материала.

В рамках лекционных занятий по данной теме дисциплины рассматриваются следующие ключевые вопросы:

1. Математическая постановка задачи.
2. Определение коэффициентов веса каждого критерия.
3. Оптимизация по обобщенной целевой функции.

*Вопросы для самоконтроля по теме:*

1. Назовите основную особенность многокритериальной задачи.
2. Что характеризует коэффициенты веса?
3. В чем заключается метод экспертных оценок?
4. Приведите пример многокритериальной оптимизационной задачи.

*Рекомендуемая литература:*

1. Основы научных исследований: Учебное пособие / Б. И. Герасимов [и др.]; ред.: В. Д. Жариков, Н. А. Чайников, Н. Г. Астафьева. — М. : Форум, 2013. — 272 с.

2. Гнатюк, В. И. Потенциал энергосбережения регионального электротехнического комплекса [Монография] / В. И. Гнатюк, Б. Л. Геллер, Д. В. Луценко, О. Р. Кивчун. — Калининград: [Изд-во КГТУ], [2015]. — 106 с.

3. Гнатюк, В. И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В. И. Гнатюк. — 3-е изд., перераб. и доп. — Электронные текстовые данные. — Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2019]. — Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>, свободный.

4. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учебное пособие. — СПб.: СЗТУ, 2003 — 120 с.

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

### **3. Методические указания по самостоятельной работе студентов**

Самостоятельная работа студентов – это планируемая работа, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, является одним из основных видов деятельности обучающихся. Самостоятельная работа студентов включает в себя изучение лекционного материала и первоисточников, подготовку ко всем видам аудиторных занятий, текущему контролю и промежуточной аттестации.

Целью самостоятельной работы является более глубокое изучение студентами отдельных вопросов дисциплины с использованием рекомендуемой дополнительной литературы и других информационных источников.

Задачами самостоятельной работы обучающихся являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать научно-техническую, нормативную и справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности, творческой инициативы, ответственности и организованности.

Основными формами внеаудиторной самостоятельной работы, используемыми при изучении дисциплины «Оптимизационные задачи электроэнергетики», являются:

- изучение программного материала дисциплины (работа с учебником, конспектом лекции и иными информационными ресурсами);
- изучение и конспектирование рекомендуемых источников;
- работа с электронными информационными ресурсами (ЭИОС КГТУ) и ресурсами Internet;
- работа с компьютерными программами;
- получение консультаций по вопросам изучаемой дисциплины (аудиторно, в дни консультаций по расписанию; в любой доступной форме в электронной образовательной среде ЭИОС КГТУ и другими доступными способами);
- поиск (подбор) литературы (в том числе электронных источников информации) по заданной теме;
- подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации.

Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации обучающиеся могут воспользоваться электронной библиотекой Университета, где имеется возможность получить доступ к учебно-методическим материалам как библиотеки Университета, так и иных электронных библиотечных систем. Также студенты могут взять на дом необходимую литературу на абонементе или воспользоваться читальным залом. Ответы на вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения), должны быть кратко законспектированы в тетради для лекций. При подготовке к лабораторным работам студентам рекомендуется изучить соответствующий лекционный материал, а также вопросы, выносимые для самостоятельного изучения.

## **Заключение**

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по изучению дисциплины «Оптимизационные задачи электроэнергетики». Объем сведений, рассматриваемых на аудиторных занятиях по данной дисциплине, обеспечивает формирование базового уровня знаний и умений студентов и предполагает значительный объем самостоятельной работы для более широкого и качественного освоения основных тем дисциплины.

В пособии содержатся рекомендации по изучению теоретического материала и самостоятельной подготовке. Знания, умения и навыки в соответствующем разделе электроэнергетики и электротехники, приобретенные в ходе изучения дисциплины, позволят будущим специалистам в дальнейшем успешно решать практические задачи в профессиональной деятельности.

## Библиографический список

1. Основы научных исследований: учебное пособие / Б. И. Герасимов [и др.]; рец.: В. Д. Жариков, Н. А. Чайников, Н. Г. Астафьева. — М.: Форум, 2013. — 272 с.

2. Гнатюк, В. И. Потенциал энергосбережения регионального электротехнического комплекса [Монография] / В. И. Гнатюк, Б. Л. Геллер, Д. В. Луценко, О. Р. Кивчун. — Калининград: [Изд-во КГТУ], [2015]. — 106 с.

3. Гнатюк, В. И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В. И. Гнатюк. — 3-е изд., перераб. и доп. — Электронные текстовые данные. — Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2019]. — Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>, свободный.

4. Костин, В. Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учебное пособие. — СПб.: СЗТУ, 2003 — 120 с.

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

## ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

**Практическая работа 1** - Математическая модель линейной оптимизационной задачи.

Цель работы: Закрепление теоретического материала по математической формализации линейных оптимизационных задач.

Задание.

Составить математическую модель оптимизационной задачи:

Предприятие планирует выпускать продукцию, включающую три вида изделий ( $i = 1, 2, 3$ ). Для изготовления каждого  $i$ -го изделия требуются три вида ресурсов: энергетические, финансовые и сырьевые ( $j = 1, 2, 3$ ).

Наличие на предприятии каждого  $j$ -го ресурса ограничено величиной  $b_j$ ; норма расхода  $j$ -го ресурса на одно  $i$ -е изделие составляет  $a_{ji}$ ; прибыль от реализации одного  $i$ -го изделия составляет  $z_i$ .

Контрольные вопросы:

1. Что такое целевая функция?
2. Как математически записывается целевая функция?
3. Как задаются граничные условия при решении оптимизационных задач?
4. Как задаются начальные условия при решении оптимизационных задач?
5. Что такое глобальный экстремум функции?
6. Что такое локальный экстремум функции?
7. В чем заключается алгоритм решения оптимизационной задачи?
8. Для чего нужны начальные приближения при поиске экстремума?
9. Что из себя представляет алгоритм поиска глобального экстремума?

**Практическая работа 2** - Решение задач линейного программирования на персональном компьютере.

Цель работы: найти экстремальное значение линейной целевой функции при ограничениях, заданных в форме линейных равенств и (или) неравенств, и граничных условиях, указывающих диапазон изменения переменных.

Задание.

Решить задачу практического занятия №1 по заданным преподавателем исходным данным.

Контрольные вопросы:

1. Как формулируется задача линейного программирования?
2. Как графически определить область допустимых значений переменных целевой функции?
3. Что такое линии равного уровня целевой функции?



4. Где находится оптимальное решение оптимизационной задачи относительно многогранника ограничений?

5. В чем заключается идея симплекс-метода при решении задач линейного программирования?

6. Что такое базисная переменная при решении задач линейного программирования?

7. Что такое свободная переменная при решении задач линейного программирования?

### Практическая работа 3 – Транспортные задачи электроэнергетики.

Цель работы: Закрепление теоретического материала по математической формализации транспортных задач.

Задание.

Составить математическую модель транспортной задачи:

В системе электроснабжения имеется два узла с источниками питания и три узла потребителей. Мощности источников составляют  $A_1$  и  $A_2$ , а мощность потребителей  $B_1$ ,  $B_2$ , и  $B_3$  е.м. Взаимное расположение узлов и возможные к сооружению линии электрической сети представлены на рисунке 1. Удельные затраты на передачу мощностей по линиям между узлами источников и потребителей составляют  $Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{21}, Z_{22}, Z_{23}$  у.е/е.м.

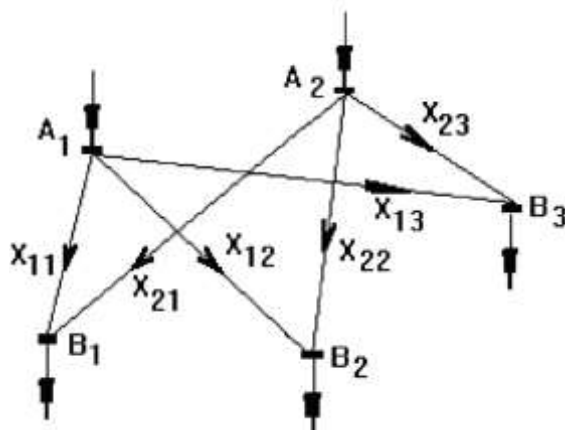


Рисунок 1 – Расположение узлов и возможные к сооружению линии электрической сети

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается смысл транспортной задачи применительно к электроэнергетике?

2. Как определить количество переменных в транспортной задаче применительно к электроэнергетике?

3. В чем заключается смысл граничных условий транспортной задачи применительно к электроэнергетике?

4. Какие балансы учитываются при решении транспортной задачи применительно к электроэнергетике?

5. Куда должна стремиться целевая функция при оптимизации транспортной задачи?

6. Каковы особенности формулировки транспортной задачи применительно к электрическим сетям?

7. Что такое транзитный узел схемы электрической сети?

8. Что означает транзит мощности в транспортной задаче?

**Практическая работа 4** - Применение методов нелинейного программирования для решения задач оптимизации.

Цель работы: Закрепление теоретического материала по математической формализации нелинейных оптимизационных задач.

Задание.

Составить математическую модель оптимизационной задачи:

В схеме электроснабжения (рисунок 2) следует распределить между узлами 1, 2 и 3 суммарную мощность компенсирующих устройств, равную  $Q_k$ . Критерий оптимальности – минимум потерь активной мощности в схеме.

Напряжение сети  $U$ , активные сопротивления линий  $R_i$ , реактивные нагрузки узлов  $Q_i$  и суммарная мощность компенсирующих устройств  $Q_k$ .

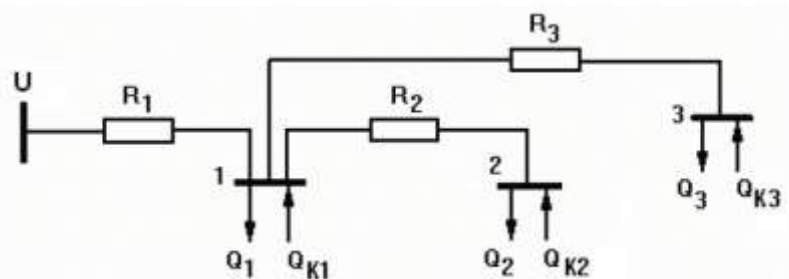


Рисунок 2 – Схема электроснабжения

Контрольные вопросы:

1. Что такое компенсация реактивной мощности потребителя?

2. Как выглядит целевая функция, учитывающая суммарные затраты на установку устройств компенсации и потери активной мощности в схеме?

3. Каковы ограничения при работе электросети с учетом компенсации реактивной мощности?

4. Как выглядит целевая функция, учитывающая затраты на потери активной мощности в схеме?

5. Что такое градиент целевой функции?

6. Как проявляются условия неопределенности оптимизационных задач?

## **Практическая работа 5 - Решение нелинейных оптимизационных задач**

Цель работы: заключается в отыскании экстремума целевой функции при условии, если в модели оптимизационной задачи имеются нелинейные зависимости.

Задание.

Решить на персональном компьютере задачу оптимального размещения мощности компенсирующих устройств в схеме электроснабжения в соответствии с математической моделью задания 4 и по заданным преподавателем исходным данным.

Контрольные вопросы:

1. Что такое компенсация реактивной мощности потребителя?
2. Какие электротехнические устройства используются в качестве компенсаторов реактивной мощности?
3. Из каких составляющих складывается баланс денежных затрат на компенсацию реактивной мощности?
4. Каков критерий оптимальности при компенсации реактивной мощности в электросети?
5. Как выглядит целевая функция, учитывающая суммарные затраты на установку устройств компенсации и потери активной мощности в схеме?
6. Приведите пример простейшей магистральной схемы электроснабжения.
7. Приведите пример простейшей радиальной схемы электроснабжения.
8. Приведите пример простейшей схемы компенсации реактивной мощности.
9. Как располагаются потребители при радиальной и магистральной схемах электроснабжения?
10. В чем измеряются реактивные нагрузки узлов схемы электроснабжения?

### ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Задание по контрольной работе, выполняемой студентами заочной формы обучения, предполагает решение оптимизационной задачи в соответствии с заданным вариантом (таблица 3), а также написание эссе (объем до 5 страниц формата А-4) на заданную тему (таблица 4). Подготовка работы осуществляется студентом самостоятельно с использованием лекционного материала и учебной литературы.

#### Задание 1

Предприятие планирует выпускать продукцию, включающую три вида изделий ( $i = 1, 2, 3$ ). Для изготовления каждого  $i$ -го изделия требуются три вида ресурсов: энергетические, финансовые и сырьевые ( $j = 1, 2, 3$ ).

Наличие на предприятии каждого  $j$ -го ресурса ограничено величиной  $b_j$ ; норма расхода  $j$ -го ресурса на одно  $i$ -е изделие составляет  $a_{ji}$ ; прибыль от реализации одного  $i$ -го изделия составляет  $z_i$ .

Необходимо определить, при каком количестве изделий каждого вида прибыль будет максимальной?

Таблица 3 – Исходные данные к задаче контрольной работы

№ варианта	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$z_1$	$z_2$	$z_3$
1	100	80	120	2,5	3	3,5	5	3,5	4	4	3,5	5	5	6	7
2	90	130	80	3	4	4	4	3	3,5	5	2,5	4	7	5	6
3	80	120	100	5	3,5	5	3,5	4	2,5	3	4	5	6	7	5
4	120	100	70	4	3	3,5	4	2,5	4	4,5	3,5	2,5	5	7	6
5	80	100	120	3	3,5	2,5	4	5	3,5	3,5	4	3	6	7	5
6	110	90	100	3	2,5	4	5	4	2,5	4,5	3	4	5	6	7
7	100	120	90	2,5	4	3	2,5	3	4	3,5	3	5	7	5	6
8	130	80	100	2,5	3	4	3,5	4	5	3,5	4	2,5	6	5	7
9	100	110	80	4	3,5	5	3	2,5	4	3,5	4,5	3	6	7	5
10	90	80	120	3	2,5	4	3	3,5	2,5	4	3	3,5	7	5	6

## Задание 2

Таблица 4 – Перечень тем эссе

№ варианта	Тема эссе
1	Рациональное управление энергосистемой
2	Классификация методов нелинейного программирования
3	Комплексная оптимизация режимов электроэнергетической системы
4	Задачи диспетчерской службы
5	Пути повышения экономичности режима энергетической системы
6	Особенности транспортных задач электроэнергетики
7	Классические методы определения условных экстремумов функции
8	Геометрическая интерпретация линейного программирования
9	Методы математического программирования
10	Оптимальное распределение компенсирующих устройств

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ»**

1. Математическая модель оптимизационной задачи.
2. Понятие целевой функции.
3. Ограничения в математических моделях.
4. Граничные условия в математических моделях.
5. Методы математического программирования.
6. Методы линейного программирования.
7. Методы нелинейного программирования.
8. Параметрический анализ в оптимизации.
9. Структурный анализ в оптимизации.
10. Многокритериальный анализ в оптимизации.
11. Графическое решение задачи линейного программирования.
12. Постановка транспортной задачи в электроснабжении.
13. Метод потенциалов при решении транспортной задачи.
14. Учет пропускной способности линий в транспортной задаче.
15. Транзит мощности в транспортной задаче.
16. Задачи безусловной оптимизации.
17. Задачи условной оптимизации.
18. Графическое представление задачи нелинейного программирования.
19. Компенсация реактивной мощности в схеме электроснабжения.
20. Общая характеристика градиентных методов.
21. Метод покоординатного спуска.
22. Метод проектирования градиента.
23. Метод неопределенных множителей Лагранжа.
24. Задача оптимального распределения активной мощности.
25. Задача оптимального распределения компенсирующих устройств.
26. Целочисленное программирование.
27. Двоичное программирование.
28. Дискретное программирование.
29. Стохастическое программирование.
30. Математические модели стохастических задач.
31. Детерминированный эквивалент целевой функции.
32. Условия неопределенности оптимизационных задач.
33. Задачи многокритериальной оптимизации.
34. Оптимизация по обобщенной целевой функции.

Локальный электронный методический материал

Виктор Витаутасович Кибартас

## ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,5. Печ. л. 1,4.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1