

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра систем электроснабжения предприятий

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФЭН

к.э.н. Чернов С. С.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Оптимизация систем электроснабжения**

Образовательная программа: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская  
программа: Системы электроснабжения и управление ими

Курс: 1, семестр : 2

Факультет энергетики,

|    |                                                                                                      | Семестр |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 2       |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 4       |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 144     |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 82      |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 18      |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 36      |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 18      |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 18      |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2       |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 8       |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 62      |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | КР      |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | Э       |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

ФГОС введен в действие приказом №1500 от 21.11.2014 г. , дата утверждения: 11.12.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

СЭСП, протокол заседания кафедры №9 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета энергетики, протокол № 9 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Любченко В. Я.

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Павлюченко Д. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Павлюченко Д. А.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.1 способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований; в части следующих результатов обучения:</b> |
| у2. уметь технически грамотно сформулировать и найти подходы к решению инженерных и научно-исследовательских задач в оптимизационной постановке                                                                                         |
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.26 способность определять эффективные производственно-технологические режимы работы объектов электроэнергетики и электротехники; в части следующих результатов обучения:</b>                                    |
| 32. знать математические модели и методы оптимизации режимов систем электроснабжения                                                                                                                                                    |
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.7 способность применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений; в части следующих результатов обучения:</b>                                                                        |
| 32. знать модели и методы линейного программирования и их применение в планово-производственной экономической деятельности систем электроснабжения                                                                                      |
| 34. знать основные принципы формирования оптимизационных моделей и методы их реализации в задачах электроэнергетики                                                                                                                     |
| у2. уметь применять основы компьютерного моделирования и специализированные программные комплексы для расчета и оптимизации режимов систем электроснабжения                                                                             |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                                                                        | Формы организации занятий                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <i>Оптимизация систем электроснабжения</i>                                                                                                                             |                                                                           |
| <b>ПК.7.32 знать модели и методы линейного программирования и их применение в планово-производственной экономической деятельности систем электроснабжения</b>          |                                                                           |
| 1.применять методы линейного программирования для решения оптимизационных задач                                                                                        | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 2.методы линейного программирования для решения оптимизационных задач ЭЭС                                                                                              | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа                      |
| <b>ПК.7.34 знать основные принципы формирования оптимизационных моделей и методы их реализации в задачах электроэнергетики</b>                                         |                                                                           |
| 3.об оптимизационном подходе к решению инженерных и исследовательских задач                                                                                            | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа                      |
| 4.общую постановку и классификацию оптимизационных задач                                                                                                               | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| <b>ПК.7.у2 уметь применять основы компьютерного моделирования и специализированные программные комплексы для расчета и оптимизации режимов систем электроснабжения</b> |                                                                           |
| 5.области применения математических моделей линейного и нелинейного программирования                                                                                   | Лекции; Самостоятельная работа                                            |
| 6.уметь использовать специализированное программное обеспечение для решения оптимизационных задач в электроэнергетике                                                  | Лабораторные работы; Самостоятельная работа                               |
| <b>ПК.1.у2 уметь технически грамотно сформулировать и найти подходы к решению инженерных и научно-исследовательских задач в оптимизационной постановке</b>             |                                                                           |
| 7.использовать основы исследования операций для постановки и решения оптимизационных задач электроэнергетики                                                           | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 8.о видах математических моделей, используемых для описания режимов ЭЭС при решении задач планирования и управления                                                    | Лекции; Самостоятельная работа                                            |

|                                                                                                                                                                        |                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК.26.32 знать математические модели и методы оптимизации режимов систем электроснабжения</b>                                                                       |                                                                           |
| 9.о методах нелинейного программирования для решения оптимизационных задач                                                                                             | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 10.использовать методы нелинейного программирования для решения оптимизационных задач планирования и управления режимами электрических систем                          | Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа         |
| 11.методы нелинейного программирования для решения оптимизационных задач ЭЭС                                                                                           | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| <b>ПК.1.у2 уметь технически грамотно сформулировать и найти подходы к решению инженерных и научно-исследовательских задач в оптимизационной постановке</b>             |                                                                           |
| 12.иметь опыт оценки параметров режимов ЭЭС                                                                                                                            | Лабораторные работы; Самостоятельная работа                               |
| <b>ПК.7.у2 уметь применять основы компьютерного моделирования и специализированные программные комплексы для расчета и оптимизации режимов систем электроснабжения</b> |                                                                           |
| 13.иметь опыт расчетов режимов ЭЭС                                                                                                                                     | Лабораторные работы; Самостоятельная работа                               |
| <b>ПК.1.у2 уметь технически грамотно сформулировать и найти подходы к решению инженерных и научно-исследовательских задач в оптимизационной постановке</b>             |                                                                           |
| 14.иметь опыт оптимизации режимов ЭЭС                                                                                                                                  | Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа         |
| <b>ПК.7.34 знать основные принципы формирования оптимизационных моделей и методы их реализации в задачах электроэнергетики</b>                                         |                                                                           |
| 15.о постановке задачи многокритериальной оптимизации                                                                                                                  | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 16.о применении моделей и методов многокритериальной оптимизации в задачах электроэнергетики.                                                                          | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |

### 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лекций                                                                                                  | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                            |                      |      |                               |
| <b>Дидактическая единица: Общая постановка задачи оптимизации</b>                                            |                      |      |                               |
| 1. Постановка задачи оптимизации режимов электроэнергетических систем                                        | 0                    | 2    | 3, 4, 5, 8                    |
| <b>Дидактическая единица: Методы линейного программирования</b>                                              |                      |      |                               |
| 2. Общая характеристика методов линейного программирования                                                   | 0                    | 2    | 2, 5, 8                       |
| 3. Типовые задачи линейного программирования<br>.Графический метод решения задач линейного программирования. | 0                    | 2    | 1, 2, 5, 7                    |
| 4. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования                                                  | 0                    | 2    | 1, 2, 5, 7                    |
| <b>Дидактическая единица: Методы нелинейного программирования</b>                                            |                      |      |                               |
| 5. Общая характеристика методов нелинейного программирования                                                 | 0                    | 2    | 11, 3, 5, 7, 8, 9             |

|                                                                                                                                                |   |   |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--------------------|
| 6. Применение методов нелинейного программирования для решения задачи компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения потребителей | 0 | 2 | 11, 5, 7, 9        |
| 7. Оптимизация режимов энергосистем по активной и реактивной мощности с использованием методов нелинейного программирования                    | 0 | 2 | 11, 7, 8, 9        |
| 8. Комплексная оптимизация режимов энергосистем с использованием градиентного метода оптимизации. Учёт ограничений в задачах оптимизации.      | 0 | 2 | 11, 7, 8, 9        |
| <b>Дидактическая единица: Методы многоцелевой оптимизации</b>                                                                                  |   |   |                    |
| 9. Применение многокритериальной оптимизации в электроэнергетике. Характеристика моделей и методов.                                            | 0 | 2 | 15, 16, 3, 5, 7, 8 |

Таблица 3.2

| Темы лабораторных работ                                                                                                             | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения  | Учебная деятельность                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                                                   |                      |      |                                |                                                                                                                                                                       |
| <b>Дидактическая единица: Методы линейного программирования</b>                                                                     |                      |      |                                |                                                                                                                                                                       |
| 1. Методы линейного программирования для решения задач оптимизации режимов энергосистем                                             | 0                    | 4    | 1, 12, 13, 14, 4, 6, 7         | Выполнение вычислительного эксперимента на компьютере                                                                                                                 |
| <b>Дидактическая единица: Методы нелинейного программирования</b>                                                                   |                      |      |                                |                                                                                                                                                                       |
| 2. Методы нелинейного программирования для решения задач оптимизации режимов энергосистем                                           | 0                    | 4    | 10, 11, 12, 13, 14, 4, 6, 7, 9 | Выполнение вычислительного эксперимента на компьютере                                                                                                                 |
| 3. Оптимизация режима электрической сети по активной мощности. Задача компенсации реактивной мощности.                              | 0                    | 6    | 10, 11, 12, 13, 14, 6, 7, 9    | Выполнение вычислительного эксперимента на компьютере                                                                                                                 |
| <b>Дидактическая единица: Методы многоцелевой оптимизации</b>                                                                       |                      |      |                                |                                                                                                                                                                       |
| 4. Реализация метода последовательных уступок. Определение Парето оптимальных решений в задаче оптимального распределения ресурсов. | 0                    | 4    | 14, 15, 16, 4, 6, 7            | Выполнение лабораторной работы на компьютере, обработка полученных результатов моделирования и формирование отчета по лабораторной работе, защита лабораторной работы |

Таблица 3.3

| Темы практических занятий                                                                                                                                       | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                                                                               |                      |      |                               |                                                                                     |
| <b>Дидактическая единица: Методы линейного программирования</b>                                                                                                 |                      |      |                               |                                                                                     |
| 1. Математические модели типовых задач линейного программирования. Алгоритм формирования математической модели по содержательной постановке задачи оптимизации. | 2                    | 4    | 2, 3, 4, 7                    | Формирование математической модели по содержательной постановке задачи оптимизации. |
| 2. Графический метод решения задачи линейного программирования                                                                                                  | 2                    | 4    | 1, 2, 7                       | Решение задач линейного программирования с использованием графического метода       |

|                                                                                                                           |   |   |                         |                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| 3. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования                                                               | 2 | 4 | 1, 2, 7                 | Изучение алгоритма симплекс-метода                    |
| <b>Дидактическая единица: Методы нелинейного программирования</b>                                                         |   |   |                         |                                                       |
| 4. Математические модели и методы нелинейного программирования и их применение в задачах управления режимами энергосистем | 2 | 4 | 10, 11, 3, 4, 7, 9      | Решение задач по теме практического занятия.          |
| 5. Оптимальное распределение активной мощности между ТЭЦ с помощью методов нелинейного программирования                   | 2 | 4 | 10, 11, 7, 9            | Самостоятельная работа под руководством преподавателя |
| 6. Оптимизация режима по реактивной мощности с помощью методов нелинейного программирования                               | 2 | 4 | 10, 11, 14, 7, 9        | Самостоятельная работа под руководством преподавателя |
| 7. Компенсация реактивной мощности на основе методов нелинейного программирования                                         | 4 | 4 | 10, 11, 7, 9            | Самостоятельная работа под руководством преподавателя |
| 8. Использование градиентных методов оптимизации в задачах электроэнергетики. Учет ограничений.                           | 2 | 4 | 10, 11, 7, 9            | Решение задач по теме практического занятия.          |
| <b>Дидактическая единица: Методы многоцелевой оптимизации</b>                                                             |   |   |                         |                                                       |
| 9. Применение моделей и методов многокритериальной оптимизации в электроэнергетике                                        | 0 | 4 | 10, 14, 15, 16, 3, 4, 7 | Самостоятельная работа под руководством преподавателя |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения                         | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                             |                                                       |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Курсовая работа             | 1, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 2, 3, 5, 6, 7, 9           | 28                 | 0                    |
| , подробная информация приведена в приложении №3 : Методы оптимизации в СЭС : методические указания для выполнения курсового проектирования по дисциплине "Методы оптимизации с СЭС" для 4 курса ФЭН / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. Я. Любченко, Д. А. Павлюченко]. - Новосибирск, 2005. - 40 с. : ил., табл               |                             |                                                       |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Подготовка к занятиям       | 1, 10, 11, 12, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9         | 20                 | 4                    |
| : Любченко В. Я. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Я. Любченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143</a> . - Загл. с экрана. |                             |                                                       |                    |                      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Подготовка к аттестации     | 1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | 14                 | 4                    |
| : Любченко В. Я. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Я. Любченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143</a> . - Загл. с экрана. |                             |                                                       |                    |                      |

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии                                                                                               |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Информирование                | e-mail:lyubhenko@corp.nstu.ru; Среда электронного обучения НГТУ: <a href="http://dispace.edu.nstu.ru/">http://dispace.edu.nstu.ru/</a>  |
| Консультирование              | e-mail:lyubchenko@corp.nstu.ru; Среда электронного обучения НГТУ: <a href="http://dispace.edu.nstu.ru/">http://dispace.edu.nstu.ru/</a> |
| Контроль                      | e-mail:lyubchenko@corp.nstu.ru; Среда электронного обучения НГТУ: <a href="http://dispace.edu.nstu.ru/">http://dispace.edu.nstu.ru/</a> |
| Размещение учебных материалов | Среда электронного обучения НГТУ: <a href="http://dispace.edu.nstu.ru/">http://dispace.edu.nstu.ru/</a>                                 |

Таблица 5.2

### Активные и интерактивные формы проведения занятий

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Наименование активных форм | Коды формируемых компетенций |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Дискуссия                  | ПК.26; ПК.7;                 |
| <b>Формируемые умения:</b> 32. знать математические модели и методы оптимизации режимов систем электроснабжения; 34. знать основные принципы формирования оптимизационных моделей и методы их реализации в задачах электроэнергетики                                                                                                                                                             |                            |                              |
| <b>Краткое описание применения:</b> Диалоговое обсуждение вопросов по теме занятия                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |                              |
| Подробная информация об использовании технологии приводится в "Любченко В. Я. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Я. Любченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143</a> . - Загл. с экрана." |                            |                              |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Мин. балл | Максимальный балл |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Семестр: 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |                   |
| <i>Лекция:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 8         | 14                |
| Контролирующие материалы приводятся в "Любченко В. Я. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Я. Любченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143</a> . - Загл. с экрана." |           |                   |
| <i>Лабораторная:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 12        | 22                |
| Контролирующие материалы приводятся в "Методы оптимизации в СЭС : методические указания для выполнения курсового проектирования по дисциплине "Методы оптимизации с СЭС" для 4 курса ФЭН / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. Я. Любченко, Д. А. Павлюченко]. - Новосибирск, 2005. - 40 с. : ил., табл"                                                                |           |                   |
| <i>Практические занятия:</i> Задания для самостоятельного выполнения. Контрольные работы                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 12        | 24                |
| Контролирующие материалы приводятся в "Методы оптимизации в СЭС : методические указания для выполнения курсового проектирования по дисциплине "Методы оптимизации с СЭС" для 4 курса ФЭН / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. Я. Любченко, Д. А. Павлюченко]. - Новосибирск, 2005. - 40 с. : ил., табл"                                                                |           |                   |
| <i>РГЗ:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0         |                   |
| <i>Курсовая работа:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0         | 100               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| Контролирующие материалы приводятся в "Методы оптимизации в СЭС : методические указания для выполнения курсового проектирования по дисциплине "Методы оптимизации с СЭС" для 4 курса ФЭН / Новосиб. гос. техн. ун-т : [сост. В. Я. Любченко, Д. А. Павлюченко]. - Новосибирск, 2005. - 40 с. : ил., табл"                                                                |    |    |
| Экзамен:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 20 | 40 |
| Контролирующие материалы приводятся в "Любченко В. Я. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Я. Любченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143</a> . - Загл. с экрана." |    |    |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                                                                                                         | Формы контроля |              |         |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|---------|
|                       |                                                                                                                                                             | Защита ЛР      | Защита КП/КР | Экзамен |
| ПК.1                  | у2. уметь технически грамотно сформулировать и найти подходы к решению инженерных и научно-исследовательских задач в оптимизационной постановке             | +              | +            | +       |
| ПК.26                 | з2. знать математические модели и методы оптимизации режимов систем электроснабжения                                                                        | +              | +            | +       |
| ПК.7                  | з2. знать модели и методы линейного программирования и их применение в планово-производственной экономической деятельности систем электроснабжения          | +              | +            | +       |
|                       | з4. знать основные принципы формирования оптимизационных моделей и методы их реализации в задачах электроэнергетики                                         | +              | +            | +       |
|                       | у2. уметь применять основы компьютерного моделирования и специализированные программные комплексы для расчета и оптимизации режимов систем электроснабжения | +              | +            | +       |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Филиппова Т. А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : учебник для энергетических специальностей / Т. А. Филиппова, Ю. М. Сидоркин, А. Г. Русина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 355 с. : ил., схемы. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2007/philippova.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
2. Филиппова Т. А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : учебник для энергетических специальностей / Т. А. Филиппова, Ю. М. Сидоркин, А. Г. Русина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 355 с. : ил., схемы. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000076473](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000076473). - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. - М., 2007. - 206, [2] с. : ил.
4. Русина А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : [учебное пособие по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника"] / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. - Новосибирск, 2016. - 398, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000220184](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000220184)
5. Любченко В. Я. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Я. Любченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000208143](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208143). - Загл. с экрана.

### Дополнительная литература

1. Вентцель Е. С. Исследование операций : задачи, принципы, методология : учебное пособие для вузов / Е. С. Вентцель. - М., 2004. - 208 с. : ил.

#### *Интернет-ресурсы*

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

## **8. Методическое и программное обеспечение**

### *8.1 Методическое обеспечение*

1. Оптимизация в электроэнергетических системах : учебно-методическое пособие / [А. Г. Русина и др.] Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 154, [1] с. : схемы, табл. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000216624](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216624)
2. Оптимизационные модели и методы в задачах электроэнергетики : методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Методы оптимизации в СЭС" для ФЭН дн. и ускорен. форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Я. Любченко, Д. А. Павлюченко]. - Новосибирск, 2003. - 31 с. : табл.
3. Методы оптимизации в СЭС : методические указания для выполнения курсового проектирования по дисциплине "Методы оптимизации с СЭС" для 4 курса ФЭН / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. Я. Любченко, Д. А. Павлюченко]. - Новосибирск, 2005. - 40 с. : ил., табл
4. Методы оптимизации в задачах электроэнергетики : [методические указания для выполнения контрольных работ по дисциплине "Методы оптимизации в СЭС" для ФЭН заочной формы обучения] / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. Я. Любченко, Д. А. Павлюченко]. - Новосибирск, 2008. - 45, [3] с. : ил. - Режим доступа: [http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/2008\\_3605.pdf](http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/2008_3605.pdf)

### *8.2 Специализированное программное обеспечение*

- 1 MathCAD
- 2 Microsoft Office

## **9. Материально-техническое обеспечение**

Презентационное оборудование

| № | Наименование                                                                         | Назначение                                       |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления) | для проведения лекционных и практических занятий |

Компьютерный класс

| № | Наименование                                                                      | Назначение                          |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet ) | для проведения лабораторных занятий |

Комплект оборудования

| № | Наименование                                                 | Назначение                        |
|---|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Персональный компьютер CPU Intel Core 2Duo E7300 в комплекте | Для выполнения лабораторных работ |



# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Оптимизация систем электроснабжения приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                                                                                                     | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)                                                                                | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Этапы оценки компетенций                                      |                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)                                                                                     |
| ПК.1/НИ<br>способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований | у2. уметь технически грамотно сформулировать и найти подходы к решению инженерных и научно-исследовательских задач в оптимизационной постановке | Постановка задачи оптимизации режимов электроэнергетических систем.<br>Математические модели типовых задач линейного программирования. Алгоритм формирования математической модели по содержательной постановке задачи оптимизации.<br>Компенсация реактивной мощности на основе методов нелинейного программирования.<br>Комплексная оптимизация режимов энергосистем<br>Математические модели и методы нелинейного программирования и их применение в задачах управления режимами энергосистем.<br>Оптимизация режимов энергосистем по активной и реактивной мощности с использованием методов нелинейного программирования<br>Применение многокритериальной оптимизации в электроэнергетике. | Курсовая работа<br>Лабораторные работы, практические занятия  | Экзамен,<br>Вопросы 1-3<br><br>Вопросы 4-11<br><br><br><br><br><br><br>Вопросы 12-22<br><br><br><br><br><br><br>Вопросы 23-26 |
| ПК.26/ПТ<br>способность определять эффективные производственно-технологические режимы работы объектов электроэнергетики и электротехники                                    | з2. знать математические модели и методы оптимизации режимов систем электроснабжения                                                            | Математические модели и методы нелинейного программирования и их применение в задачах управления режимами энергосистем<br>Применение методов нелинейного программирования для решения задачи компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения потребителей<br>Использование градиентных методов оптимизации в задачах электроэнергетики.<br>Комплексная оптимизация режимов энергосистем с использованием градиентного метода оптимизации. Задача                                                                                                                                                                                                                                    | Курсовая работа<br>Лабораторные работы, практические занятия  | Экзамен,<br>Вопросы 12-22                                                                                                     |

|                                                                                                    |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                   |                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                    |                                                                                                                                                    | компенсации реактивной мощности.<br>Оптимизация режимов энергосистем по активной и реактивной мощности с использованием методов нелинейного программирования<br>Применение моделей и методов многокритериальной оптимизации в электроэнергетике                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                   | Вопросы 23-26                                                      |
| ПК.7/ПК<br>готовность применять методы поиска компромиссных решений, осуществлять анализ вариантов | 32. знать модели и методы линейного программирования и их применение в планово-производственной экономической деятельности систем электроснабжения | Типовые задачи линейного программирования.<br>Математические модели типовых задач линейного программирования. Алгоритм формирования математической модели по содержательной постановке задачи оптимизации. Методы линейного программирования для решения задач оптимизации режимов энергосистем.<br>Графический метод решения задачи линейного программирования.<br>Симплекс-метод решения задачи линейного программирования.                                                                                                                                                                                                                                                     | Курсовая работа<br>Лабораторные работы,<br>практические занятия   | Экзамен,<br>Вопросы 4-11                                           |
| ПК.7/ПК                                                                                            | 34. знать основные принципы формирования оптимизационных моделей и методы их реализации в задачах электроэнергетики                                | Математические модели типовых задач линейного программирования. Алгоритм формирования математической модели по содержательной постановке задачи оптимизации.<br>Методы линейного программирования для решения задач оптимизации режимов энергосистем<br>Математические модели и методы нелинейного программирования и их применение в задачах управления режимами энергосистем.<br>Методы нелинейного программирования для решения задач оптимизации режимов энергосистем. .<br>Применение многокритериальной оптимизации в электроэнергетике.<br>Применение моделей и методов многокритериальной оптимизации в электроэнергетике.<br>Реализация метода последовательных уступок. | Курсовая работа<br>Лабораторные работы,<br>практические занятия.. | Экзамен,<br>Вопросы 4-11<br><br>Вопросы 12-22<br><br>Вопросы 23-26 |
| ПК.7/ПК                                                                                            | у2. уметь применять основы компьютерного моделирования и специализированны                                                                         | Применение надстройки «Поиск решения» Microsoft Excel для решения задачи компенсации реактивной мощности в системах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Курсовая работа<br>Лабораторные работы                            | Экзамен,<br>Вопросы 12-22                                          |

|  |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | е программные комплексы для расчета и оптимизации режимов систем электроснабжения | электроснабжения потребителей.<br>Применение надстройки «Поиск решения» Microsoft Excel для оптимизация режима электрической сети по активной и реактивной мощности.<br>Решение задач линейного и нелинейного программирования в среде Mathcad.<br>Применение комплекса программ RastrWin3 для расчета и оптимизации режимов энергосистем. |  |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 5 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/НИ, ПК.26/ПТ, ПК.7/ПК

Экзамен проводится письменно в тестовой форме, тест охватывает все разделы дисциплины.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 5 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание. Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.1/НИ, ПК.26/ПТ, ПК.7/ПК, за которые отвечает дисциплина

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным

материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра систем электроснабжения предприятий

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Оптимизация систем электроснабжения», 2 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме по тестам. Тест содержит вопросы, охватывающие все 4 раздела материала курса (список вопросов, сгруппированных по разделам, приведен ниже в п.4.).

В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4.).

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФЭН

Билет № \_\_\_\_\_

к экзамену по дисциплине «Оптимизация систем электроснабжения»

1. Вопрос 1.

- 1 Вариант 1
- 2 Вариант 2
- 3 Вариант 3

Ответ \_\_\_\_\_

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Д.А. Павлюченко

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2015 г.

### Пример теста для экзамена

#### 1. Укажите какие из задач относятся к задачам линейного программирования:

- А – оптимальное назначение работников на работы
- Б – комплексная оптимизация режима
- В – оптимизация транспортных перевозок
- С – оптимальное распределение ресурсов
- Д – оптимизация режима по реактивной мощности
- Е – оптимальная загрузка оборудования
- Ж – оптимизация состава топливной смеси

Ответ \_\_\_\_\_

**2. По типовой таблицы исходных данных укажите вид задачи линейного программирования задачи:**

| Вид ресурса                    | Запас ресурса т.у.т | Норма расхода ресурса т.у.т./ $MBm \cdot ч$ |       |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------------|-------|
|                                |                     | ТЭС 1                                       | ТЭС 2 |
| Уголь                          | 300                 | 0,4                                         | 0,25  |
| Газ                            | 350                 | 0,25                                        | 0,5   |
| Стоимость $MBm \cdot ч$ в у.е. |                     | 150                                         | 200   |

- А - Рациональная загрузка оборудования  
 Б - Рациональное использование ресурсов  
 С - Транспортная задача  
 Д - Рациональная смесь

Ответ \_\_\_\_\_

**3. Для заданной математической модели задачи нелинейного программирования запишите функцию Лагранжа и произведя расчеты с использованием метода Лагранжа выберите правильный ответ из представленных (укажите букву правильного ответа):**

$$f = 4 \cdot x_1^2 + 2 \cdot x_2^2 + 3 \cdot x_1 + 4 \cdot x_2 - 300 \rightarrow \min$$

$$\text{при } x_1 + 2 \cdot x_2 = 5$$

Ответы: А -  $x_1=0.44$   $x_2=2.28$   $F=-278,389$

Б -  $x_1=0.5$   $x_2=2.5$   $F=-275,28$

С -  $x_1=0.2$   $x_2=2.2$   $F=-273,32$

**2. Критерии оценки**

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается неудовлетворительным, если студент при ответе на вопросы не знает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 16 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается *на пороговом уровне*, если студент при ответе на вопросы знает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *16-23 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается *на базовом уровне*, если студент знает основные понятия, законы, характеристику процессов, явлений, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *23-33 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается *на продвинутом уровне*, если студент при ответе на вопросы знает сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *33-40 баллов*.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Оптимизация систем электроснабжения»

#### **1 раздел. Общая характеристика оптимизационных задач и моделей.**

1. Общая постановка задачи оптимизации. Характеристика электроэнергетической системы как объекта оптимизации.
2. Содержательная постановка и классификация задач оптимизации с примерами из электроэнергетики. Общий вид математической модели задачи оптимизации.
3. Классификация математических моделей и методов исследования операций, используемых при решении задач в оптимизационной постановке.

#### **2 раздел. Модели и методы линейного программирования в электроэнергетике**

4. Общая характеристика задач линейного программирования. Классификация задач линейного программирования. Принципы построения и особенности математических моделей линейного программирования.
5. Алгоритм формирования математической модели по известной содержательной постановке задачи оптимизации. Типовые задачи линейного программирования: задача рационального использования ресурсов, рациональной загрузки оборудования, транспортная задача, "рациональная смесь". Типовые таблицы исходных данных. Общий вид математических моделей. Примеры использования математических моделей задач в электроэнергетике.
6. Классификация методов линейного программирования. Особенности применения методов с учетом размерности задачи и формы представления исходных данных.
7. Графический метод. Общий алгоритм решения задач линейного программирования с использованием графического метода.
8. Анализ возможных технических решений на основе полученного графического представления (рассмотреть возможные варианты ОДР, когда решение невозможно, возможно альтернативное решение и т.д.).
9. Алгебра симплекс-метода. Общая характеристика возможных алгоритмов реализации симплекс-метода и особенности их применения. Аналитическая реализация симплекс-метода.
10. Алгоритм табличного симплекс-метода. Применение аналитического и табличного алгоритма симплекс-метода при решении задачи рационального распределения ресурсов в энергосистеме.
11. Применение симплекс-таблиц при анализе функционирования технических систем на основе вопросов вида "что нужно, чтобы...?" и "что будет, если...?".

#### **3 раздел. Математические модели и методы нелинейного программирования**

12. Общий вид математической модели нелинейного программирования. Классификация математических моделей и методов.
13. Общая постановка задачи оптимального электроснабжения как задачи нелинейного программирования. Примеры задач оптимизации развития и управления режимами электроэнергетических систем.
14. Классический метод оптимизации и его применение в задачах электроэнергетики.
15. Общая постановка задачи компенсации реактивной мощности. Применение классического метода оптимизации для решения задачи компенсации реактивной мощности (КРМ). Пример математической модели и решения задачи КРМ без учета сети потребителя.

16. Пример математической модели и решения задачи КРМ с учетом потерь активной мощности в сети потребителя. Способы определения эквивалентного сопротивления сети.
17. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Применение метода Лагранжа для решения задачи КРМ в системах электроснабжения потребителей.
18. Общая постановка задачи оптимизации режимов ЭЭС. Применение метода Лагранжа для решения задачи оптимизации режимов ЭЭС по активной мощности (постановка задачи, модель, решение, критерий оптимальности режима).
19. Применение метода Лагранжа для решения задачи оптимизации режимов ЭЭС по реактивной мощности (постановка задачи, модель, решение, критерий оптимальности режима).
20. Математическая модель комплексной оптимизации режимов ЭЭС и решение задачи на основе метода Лагранжа.
21. Градиентные методы оптимизации. Понятие вектора-градиента. Геометрическая интерпретация градиентных методов с учетом способов выбора направления и вида целевой функции.
22. Общий алгоритм градиентных методов. Методы задания длины шага. Учет балансовых ограничений. Метод штрафных функций. Особенности использования градиентных методов в задачах оптимизации режимов ЭЭС.
- 4 раздел: Математические модели и методы многоцелевой оптимизации**
23. Задачи многоцелевой оптимизации. Общая постановка и применение в электроэнергетике.
24. Метод последовательных уступок (алгоритм метода на примере).
25. Метод весовых коэффициентов. Примеры использования этого метода в задачах электроэнергетики.
26. Применение метода экспертных оценок для определения весовых коэффициентов. Алгоритм решения несбалансированной задачи планирования производства (на примере задачи рационального использования ресурсов).

## **Паспорт курсовой работы**

по дисциплине «Оптимизация систем электроснабжения», 2 семестр

### **1. Методика оценки.**

Основной целью выполнения курсовой работы задания является изучение математических моделей и методов оптимизации управления режимами и развитием электроэнергетических систем. В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны освоить оптимизационные методы линейного и нелинейного программирования применительно к задачам оптимизации режимов ЭЭС в одноцелевой и многоцелевой постановке. Особое внимание уделено получению практических навыков использования современных систем компьютерного моделирования.

### **Примерное содержание расчетно-графического задания:**

Введение

#### **1. Одноцелевая оптимизация**

##### **1.1 Задачи линейного программирования**

- 1.1.1 Решение задачи планирования и анализа технических решений с использованием графического метода линейного программирования
- 1.1.2 Решение задачи планирования и анализа технических решений с использованием симплекс-метода линейного программирования.
  - 1.1.3 Решение задачи линейного программирования производится с использованием надстройки «Поиск решения» среды Microsoft Excel.

##### **1.2 Задачи нелинейного программирования**

- 1.2.1 Задача оптимального распределения активной мощности генерации между тепловыми станциями энергосистемы с использованием надстройки «Поиск решения» в среде Microsoft Excel.
- 1.2.2 Решение задачи компенсации реактивной мощности электрической сети с использованием классического метода оптимизации в среде Mathcad.
- 1.2.3 Применение метода неопределенных множителей Лагранжа для решения задачи компенсации реактивной мощности в электрической сети с учетом ограничений на качество напряжения. (Реализация производится в среде Mathcad.
- 1.2.4 Решение задачи компенсации реактивной мощности с использованием комплекса программ RASTR. Сравнительный анализ результатов компенсации реактивной мощности.

#### **2. Многоцелевая оптимизация.**

- 2.1. Формирование математической модели задачи линейного программирования в многоцелевой постановке.
- 2.2. Решение с помощью метода предпочтений (метода последовательных уступок) с использованием надстройки «Поиск решения» среды Microsoft Excel и «Мастера диаграмм» для построения кривой компромиссных решений.

Заключение  
Приложение

### 3. Оцениваемые позиции:

1. Выполнение и оформление пояснительной записки.
2. Защита четырех частей РГЗ в письменной форме.

### 4. Критерии оценки

Курсовая работа оценивается 100 баллами (20 за выполнение, 80 за защиту) в соответствии с приведенными ниже критериями.

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части КР, не представлены результаты расчетов, компьютерной реализации с использованием комплексов программ, отсутствует анализ результатов моделирования объектов, не выполнена защита всех частей РГЗ, оценка составляет 0 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части КР выполнены формально с грубыми ошибками, сдача КР и защита состоялись не в срок и уровень защиты частей РГЗ не соответствуют требованиям (менее 50% правильных ответов), оценка составляет от 20 до 52 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом уровне**, если допущены незначительные ошибки при выполнении КР, сроки сдачи задания и защиты практически не нарушены и при защите КР даны ответы на большую часть вопросов, оценка составляет от 52 до 80 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если сроки сдачи задания и защиты не нарушены, все части КР выполнены без ошибок и при защите КР даны исчерпывающие ответы на вопросы, оценка составляет от 80 до 100 баллов.

### 5. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за КР учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Выполнение и защита КР является обязательной частью допуска к экзамену.

В п.6 рабочей программы дисциплины и приложении 1 приведено соответствие баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS.

#### 2. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

Курсовая работа включает в себя выполнение индивидуального варианта задания по следующим разделам:

##### 1. Одноцелевая оптимизация

###### 1.1. Задачи линейного программирования

- Задача 1 ( $n = 2$ ): решение задачи планирования и анализа технических решений производится без применения компьютера, что позволяет освоить процедуру моделирования, алгоритм и особенности реализации симплекс-метода линейного программирования.

#### Задача №1

Районная энергосистема включает в себя две тепловые электростанции (ТЭС). В качестве топлива на станциях может использоваться уголь и газ. Запасы каждого вида топлива и удельный расход топлива на 1 МВт·ч электроэнергии для каждой ТЭС приведены в таблице исходных данных П.1. Найти оптимальный план работы энергосистемы, обеспечивающий максимальный суммарный отпуск электроэнергии в стоимостном выражении (т.е. обеспечивающий максимальный доход от ее реализации), если известна стоимость 1 МВт·ч электроэнергии.

| Исходные данные 1      |      |                                 |    |        |                            |   |
|------------------------|------|---------------------------------|----|--------|----------------------------|---|
| Запасы топлива, т.у.т. |      | Стоимость эл/энергии, у.е./МВтч |    | Ресурс | Нормы расхода, т.у.т./МВтч |   |
| Уголь                  | 2400 | ТЭС1                            | 20 | Уголь  | 3                          | 8 |
| Газ                    | 3000 | ТЭС2                            | 30 | Газ    | 5                          | 6 |

- Задача 2 ( $n = 4$ ): решение задачи линейного программирования производится с использованием надстройки «Поиск решения» среды Microsoft Excel.

#### Задача №3

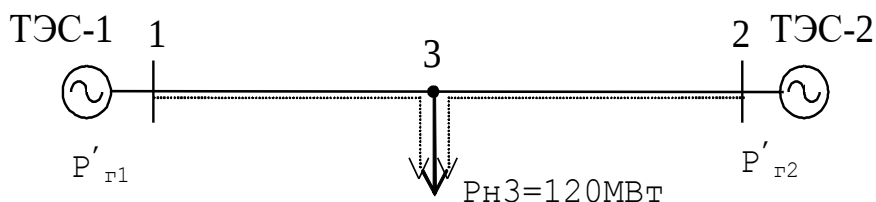
Для энергосистемы известны мощности источников И1...И4 и нагрузок Н1...Н4, а также стоимости передачи мощности от каждого источника к каждому потребителю в условных единицах. Спроектировать для данной энергосистемы электрическую сеть наименьшей стоимости.

| Вариант 1               |    |                        |    |    |                          |    |    |    |
|-------------------------|----|------------------------|----|----|--------------------------|----|----|----|
| Мощность источника, МВт |    | Мощность нагрузки, МВт |    |    | Стоимость передачи, у.е. |    |    |    |
|                         |    |                        |    |    | Н1                       | Н2 | Н3 | Н4 |
| И1                      | 20 | Н1                     | 30 | И1 | 1                        | 3  | 4  | 5  |
| И2                      | 30 | Н2                     | 20 | И2 | 5                        | 2  | 10 | 3  |
| И3                      | 50 | Н3                     | 55 | И3 | 3                        | 2  | 1  | 4  |
| И4                      | 20 | Н4                     | 15 | И4 | 6                        | 4  | 2  | 6  |

### 1.1. Задачи нелинейного программирования

1.1.1 Задача оптимального распределения активной мощности генерации между тепловыми станциями энергосистемы.

- Решение производится вручную для схемы



Условие задачи: Найти оптимальное распределение активной мощности генерации между двумя параллельно работающими станциями энергосистемы (рис.3.1).

$$U_1 = 220 \text{ кВ} \quad U_2 = 242 \text{ кВ} \quad Q_1 = 40 \text{ МВар} \quad Q_2 = 30 \text{ МВар}$$

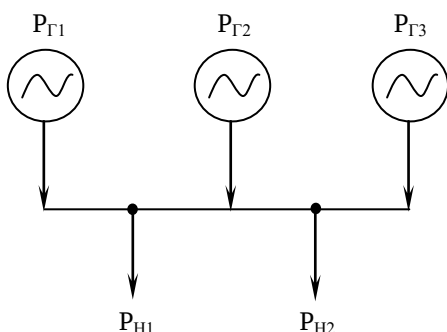
Исходные данные по вариантам приведены в таблице П.5:

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  - характеристики относительных приростов расхода топлива;  $P_{Н3}$  - мощность нагрузки;  $r_{1-3}, r_{2-3}$  - сопротивления линий.

| № | $P_{Н3}$ | $r_{1-3}$ | $r_{2-3}$ | $\varepsilon_1, \varepsilon_2$                                                                                              |
|---|----------|-----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 100      | 6         | 4         | $\varepsilon_1 = 2 + 0.1 \cdot P_{г1} + 0.03 \cdot P_{г12}$<br>$\varepsilon_2 = 6 + 0.12 \cdot P_{г2} + 0.04 \cdot P_{г22}$ |

- Решение производится на основе упрощенной модели без учета потерь активной мощности с помощью метода Лагранжа с использованием надстройки «Поиск решения» в среде Microsoft Excel. Эквивалентные характеристики генераторных узлов формируются на основе регрессионно-статистических моделей в среде Microsoft Excel.

Условие: схема энергосистемы



| Вариант | РН1,<br>МВт | РН2,<br>МВт |
|---------|-------------|-------------|
| 1       | 130         | 170         |

| РГ,<br>МВт | Вариант       |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|
|            | В1,<br>т.у.т. | В2,<br>т.у.т. | В3,<br>т.у.т. |
| 50         | 700           | 815           | 560           |
| 60         | 620           | 750           | 520           |
| 70         | 560           | 640           | 490           |
| 80         | 500           | 560           | 450           |
| 90         | 480           | 520           | 460           |
| 100        | 510           | 500           | 475           |
| 110        | 580           | 480           | 510           |
| 120        | 650           | 510           | 535           |
| 130        | 710           | 620           | 558           |
| 140        | 730           | 730           | 610           |

1.1.2 Задача компенсации реактивной мощности. Решение задачи связано с оптимизацией режима работы электрической сети.

Применяются классический метод оптимизации и метод неопределенных множителей Лагранжа при учете в модели ограничений на качество напряжения. Реализация производится в среде Mathcad.

Условие задачи:

Для схемы электрической сети определить оптимальные мощности батарей конденсаторов, минимизирующие годовые приведенные затраты.

Общие исходные данные для всех вариантов

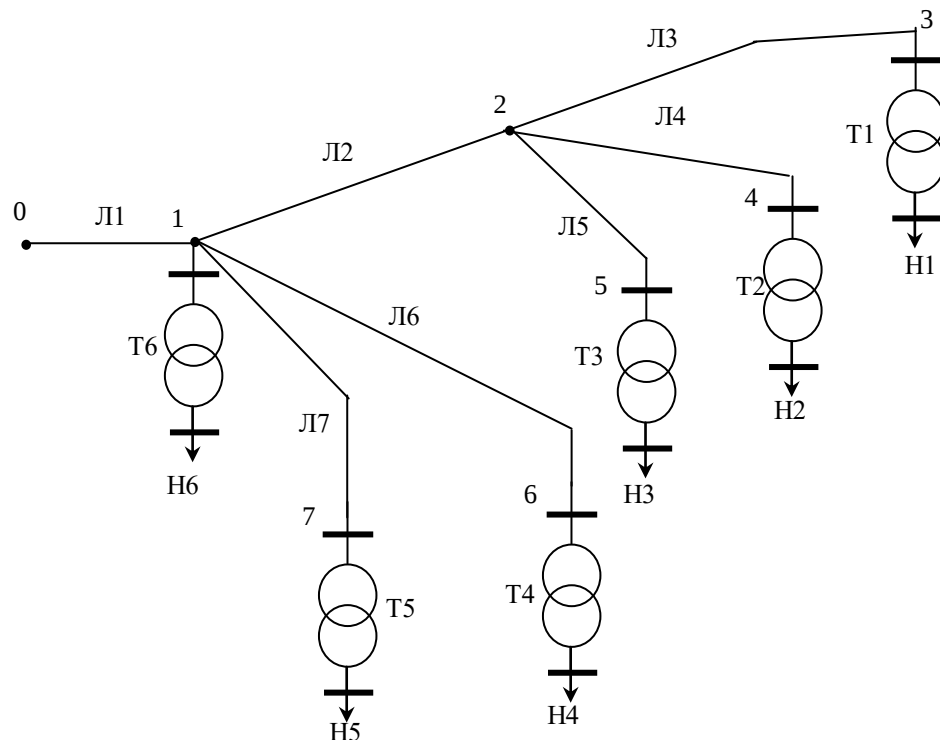
| Параметр                             | Условное обозначение и единицы измерения | Значение |
|--------------------------------------|------------------------------------------|----------|
| Норма дисконта                       | Е, о.е.                                  | 0,15     |
| Удельные потери в КБ                 | $\Delta P_{уд}$ , кВт/кВар               | 0,0045   |
| Стоимость потерь активной мощности   | $C_0$ , руб/кВт                          | 1000     |
| Стоимость установки низковольтных КБ | $C_0$ , руб/кВар                         | 150      |

Исходные данные по вариантам

| № | Схема               | U, кВ                         | Провод | Тип транс-ров | Исключаемая ветвь | Отклонения напряжения |      |       |
|---|---------------------|-------------------------------|--------|---------------|-------------------|-----------------------|------|-------|
|   |                     |                               |        |               |                   | V0, %                 | Узел | Vi, % |
| 1 | 1                   | 6                             | АС-35  | ТМ            | Т1,Л3             | 10                    | Т2   | 0,8   |
| № | Места установ ки КБ | Мощность трансформаторов, кВА |        |               |                   |                       |      |       |
|   |                     | Т1                            | Т2     | Т3            | Т4                | Т5                    | Т6   |       |
| 1 | Т2,Т3,Т5            | 1000                          | 400    | 630           | 400               | 630                   | 250  |       |

| № | Мощность нагрузки, кВА |              |              |              |              |              | Длины линий, км |     |     |     |     |     |     |
|---|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | Н1                     | Н2           | Н3           | Н4           | Н5           | Н6           | Л1              | Л2  | Л3  | Л4  | Л5  | Л6  | Л7  |
| 1 | 816+<br>j525           | 356+<br>j220 | 820+<br>j330 | 284+<br>j305 | 725+<br>j410 | 206+<br>j157 | 0.3             | 1.9 | 1.8 | 2.4 | 1.1 | 2.2 | 1.3 |

Схема электрической сети



### 1.1.3 Решение задачи компенсации реактивной мощности ПВК RastrWin3. Анализ результатов компенсации реактивной мощности, проведенной в п. 1.1.2. с использованием ПВК RastrWin3.

Основной целью является получение практических навыков по расчету режимов электрических сетей одного или нескольких классов номинального напряжения в ПВК RastrWin

- Для расчетной схемы п. 1.1.2 составить модель для расчётов установившихся режимов в ПВК RastrWin. (Вводится расчётная модель электрической сети по узлам и ветвям в ПВК RastrWin и сохраняется в формате \*.rg2.)
- Выполнить расчёт установившегося режима.
- Оформить графическую схему потокораспределения расчёта установившегося режима в ПВК RastrWin и и сохранить в формате \*.grf
- Выполнить расчёт потерь активной мощности в рассматриваемой сети, провести анализ эффективности компенсации реактивной мощности, сопоставив потери активной мощности в сети при последовательной установке батарей конденсаторов в указанных узлах сети. Результаты расчета режима и анализа потерь перенести в Excel и представлять в виде гистограмм.

## 2. Многоцелевая оптимизация.

Задача линейного программирования в многоцелевой постановке. Решение производится с помощью метода предпочтений (метода последовательных уступок) с использованием надстройки «Поиск решения» среды Microsoft Excel и «Мастера диаграмм» для построения кривой компромиссных решений.

**Задание:** решить задачу в многокритериальной постановке с помощью метода последовательных уступок

- Заполнить типовую таблицу по исходным данным задачи, ввести обозначения оптимизируемых переменных;
- Составить математическую модель, исходя из содержательной постановки, для случая

$$F(x) \rightarrow \max,$$

$$G(x) = G_{пред}.$$

- Составить математическую модель, исходя из содержательной постановки, для случая

$$G(x) \rightarrow \max,$$

$$F(x) = F_{пред}.$$

- Решить задачу для обоих случаев графическим методом;
- С учетом полученных результатов построить кривую компромиссных решений.

Условие задачи:

На промышленном предприятии реализован технологический процесс производства продукции, который включает в себя использование двух различных технологий Т1 и Т2. В процессе производства наиболее существенную роль играют два вида ресурсов: сырье и электроэнергия. Известны затраты каждого вида ресурсов при работе по технологиям Т1 и Т2, а также лимиты по сырью и электроэнергии, количество продукции, выпускаемой в единицу времени при работе по технологиям Т1 и Т2.

| Вариант №                                |                      |                        |     |
|------------------------------------------|----------------------|------------------------|-----|
| Характеристика производства              | Располагаемый ресурс | Нормы расхода ресурсов |     |
|                                          |                      | P1                     | P2  |
| Цемент                                   | 2400                 | 3                      | 8   |
| Песок                                    | 3000                 | 5                      | 6   |
| Объем реализации продукции               |                      | 700                    | 300 |
| Показатель качества продукции            |                      | 100                    | 900 |
| K <sub>зад</sub> =100000, 120000, 150000 |                      |                        |     |
| V <sub>зад</sub> =220000, 250000, 300000 |                      |                        |     |

#### Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

1. Общая постановка задачи оптимизации. Характеристика электроэнергетической системы как объекта оптимизации.
2. Общий вид математической модели задачи оптимизации.
3. Классификация математических моделей и методов исследования операций, используемых при решении задач в оптимизационной постановке.
4. Общая характеристика задач линейного программирования. Классификация задач линейного программирования. Принципы построения и особенности математических моделей линейного программирования.
5. Алгоритм формирования математической модели по известной содержательной постановке задачи оптимизации. Типовые задачи линейного программирования: задача рационального использования ресурсов, рациональной загрузки оборудования, транспортная задача, "рациональная смесь". Примеры использования математических моделей задач в электроэнергетике.
6. Графический метод. Общий алгоритм решения задач линейного программирования с использованием графического метода.
8. Анализ возможных технических решений на основе полученного графического представления (рассмотреть возможные варианты ОДР, когда решение невозможно, возможно альтернативное решение и т.д.).
9. Аналитическая реализация симплекс-метода.

10. Алгоритм табличного симплекс-метода.
11. Применение симплекс-таблиц при анализе функционирования технических систем на основе вопросов вида "что нужно, чтобы..." и "что будет, если...?".
12. Общая постановка задачи оптимального электроснабжения как задачи нелинейного программирования. Примеры задач оптимизации развития и управления режимами электроэнергетических систем.
14. Классический метод оптимизации и его применение в задачах электроэнергетики.
15. Общая постановка задачи компенсации реактивной мощности. Применение классического метода оптимизации для решения задачи компенсации реактивной мощности (КРМ).
16. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Применение метода Лагранжа для решения задачи КРМ в системах электроснабжения потребителей.
17. Общая постановка задачи оптимизации режимов ЭЭС. Применение метода Лагранжа для решения задачи оптимизации режимов ЭЭС по активной мощности (постановка задачи, модель, решение, критерий оптимальности режима).
18. Применение метода Лагранжа для решения задачи оптимизации режимов ЭЭС по реактивной мощности (постановка задачи, модель, решение, критерий оптимальности режима).
19. Математическая модель комплексной оптимизации режимов ЭЭС и решение задачи на основе метода Лагранжа.
20. Задачи многоцелевой оптимизации. Общая постановка и применение в электроэнергетике.
21. Метод последовательных уступок (алгоритм метода на примере).
22. Метод весовых коэффициентов. Примеры использования этого метода в задачах электроэнергетики.