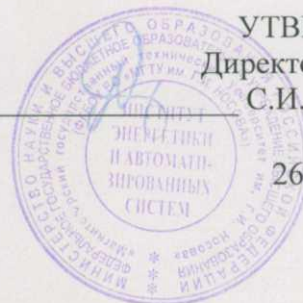




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ГЕНЕРИРУЮЩИХ  
ИСТОЧНИКОВ***

Направление подготовки (специальность)  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Менеджмент в электроэнергетике

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

|                     |   |
|---------------------|---|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра             | Электроснабжения промышленных предприятий       |
| Курс                | 2   |
| Семестр             | 3   |

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий  
17.02.2020, протокол № 7

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Г.П. Корнилов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ЭПП, канд. техн. наук \_\_\_\_\_ А.В. Малафеев

Рецензент:

Начальник ЦЭСиП ПАО "ММК", канд. техн. наук \_\_\_\_\_ Н.А. Николаев



**Лист актуализации рабочей программы**

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от 02. 09. 2020 г. № 1

Зав. кафедрой Г.П. Корнилов Г.П. Корнилов

---

## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью преподавания дисциплины «Оптимальные режимы работы генерирующих источников» является научно-техническая подготовка студента-магистранта в области теории и практики оптимизации установившихся режимов систем электроснабжения и электроэнергетических систем, приобретение навыков самостоятельного решения научно-исследовательских и технических задач в области планирования оптимальных эксплуатационных режимов сложных систем электроснабжения с собственными источниками электроэнергии.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Оптимальные режимы работы генерирующих источников входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Управление режимами электроэнергетических систем

Технико-экономические расчёты в электроэнергетике

Дополнительные главы математики в электроэнергетике и электротехнике

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/ практик:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Оптимальные режимы работы генерирующих источников» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции   |
|----------------|--|
| ПК-1           | Способен самостоятельно выполнять исследования, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности  |
| ПК-1.1         | Определяет под руководством специалиста более высокой квалификации содержание и требования к результатам исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП на основе изучения тенденций развития соответствующей области научного знания, запросов рынка труда, образовательных потребностей и возможностей обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП |
| ПК-1.2         | Выполняет поручения по организации научно-исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП  |
| ПК-1.3         | Выполняет поручения по организации научных конференций, конкурсов проектных и исследовательских работ обучающихся  |
| ПК-6           | Способен к обеспечению требуемых параметров режима и размещения резерва, принятию решений по диспетчерским заявкам, организации и руководству оперативными переключениями  |
| ПК-6.1         | Принимает решения по диспетчерским заявкам о реализации мер по поддержанию частоты, величин перетоков активной мощности, токовой нагрузки линий и допустимого уровня напряжения в допустимом диапазоне путем оценки текущего и прогнозируемого   |

|        |  |
|--------|--|
|        | электроэнергетических режимов энергосистемы и определяет объем и эффективность соответствующих управляющих воздействий   |
| ПК-6.2 | Принимает решения по диспетчерским заявкам о разрешении вывода в ремонт и ввода в работу электроустановок и подготовке электроэнергетического режима на это время, по поддержанию минимального необходимого резерва активной мощности и места его размещения путем оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетических режимов энергосистемы |
| ПК-6.3 | Разрабатывает программы переключений на вывод в ремонт и ввод в работу линий электропередачи и оборудования в соответствии с диспетчерскими заявками   |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 55,15 академических часов;
- аудиторная – 51 академических часов;
- внеаудиторная – 4,15 академических часов
- самостоятельная работа – 53,15 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - курсовая работа, экзамен

| Раздел/ тема дисциплины   | Семестр | Аудиторная контактная работа (в академических часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы   | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации                       | Код компетенции   |
|---|---------|--|-----------|-------------|---------------------------------|--|---|---|
|   |         | Лек.   | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |  |   |   |
| 1. Теоретический раздел   |         |  |           |             |                                 |  |   |   |
| 1.1 Введение. Основные понятия системного анализа. Свойства систем энергетики как больших систем. Неопределенность в задачах оптимизации. Критерии принятия решений. Многоцелевая оптимизация и методы экспертных оценок. | 3       | 2  |           |             | 2                               | – самостоятельное изучение учебной литературы;<br>– проработка лекционного материала   | Входной контроль  | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 1.2 Математическое моделирование элементов электроэнергетической системы для решения оптимизационных задач. Абсолютные, относительные и дифференциальные показатели. Составляющие оптимизационной задачи                  |         | 2  |           |             | 2                               | – самостоятельное изучение учебной литературы;<br>– проработка лекционного материала;<br>– изучение заводской документации на паровые турбины и котлы. | Экспресс-опрос  | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 1.3 Оптимизация распределения активных мощностей в энергосистеме. Метод неопределенных множителей Лагранжа и принцип равенства относительных приростов. Оценка отклонения от оптимального режима                          |         | 3  |           |             |                                 | 2  | – самостоятельное изучение учебной литературы;<br>– проработка лекционного материала. | Экспресс-опрос  |

|   |    |  |      |       |   |                           |   |
|---|----|--|------|-------|---|---------------------------|---|
| 1.4 Оптимизация распределения активных мощностей в системе электроснабжения промышленного предприятия собственными электростанциями. Применение метода динамического программирования   | 3  |  |      | 2     | – самостоятельное изучение учебной литературы;<br>– подготовка к аудиторной контрольной работе. | АКР №1                    | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 1.5 Градиентный метод оптимизации и его использование для оптимизации режимов. Учет ограничений в форме неравенств. Метод приведенного градиента  | 3  |  |      | 2     | – самостоятельное изучение учебной литературы;<br>– проработка лекционного материала.           | Экспресс-опрос            | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 1.6 Выбор оптимального состава работающих агрегатов. Критерий выгоды отключения, стратегия отключения на основе метода относительных приростов. Метод ветвей и границ и его применение для выбора оптимального состава агрегатов  | 2  |  |      | 2     | – самостоятельное изучение учебной литературы;<br>– проработка лекционного материала.           | Экспресс-опрос            | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 1.7 Оптимизация развития энергосистем и электрических сетей. Статические, динамические и полудинамические производственные системы. Целевая функция затрат. Применение метода динамического программирования для планирования оптимальной траектории развития генерирующих мощностей. Применение метода линейного программирования для оптимизации структуры генерирующих | 2  |  |      | 2,15  | – самостоятельное изучение учебной литературы;<br>– подготовка к аудиторной контрольной работе. | АКР №2                    | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| Итого по разделу  | 17 |  |      | 14,15 |   |                           |   |
| 2. Практический раздел  |    |  |      |       |   |                           |   |
| 2.1 Построение эквивалентных расходных характеристик и характеристик относительных приростов тепловых электро-станций. Расчет оптимального распределения активной мощности методом относительных приростов  | 3  |  | 4/ИИ | 2     | – решение задач под руководством преподавателя;<br>– выполнение раздела №1 курсовой работы.     | Раздел №1 курсовой работы | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |

|  |    |  |        |       |   |                           |   |
|--|----|--|--------|-------|---|---------------------------|---|
| 2.2 Расчет оптимального распределения активной мощности методом динамического программирования в системе электроснабжения с теплофикационными электростанциями |    |  | 4/1И   | 2     | – решение задач под руководством преподавателя;<br>– выполнение раздела №2 курсовой работы. | Раздел №2 курсовой работы | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 2.3 Выбор оптимального состава работающих агрегатов с использованием критерия выгоды отключения  |    |  | 4/2И   | 2     | – решение задач под руководством преподавателя;<br>– выполнение раздела №3 курсовой работы. | Раздел №3 курсовой работы | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 2.4 Выбор оптимального состава работающих агрегатов методом ветвей и границ  |    |  | 4/2И   | 2     | – решение задач под руководством преподавателя;<br>– выполнение раздела №4 курсовой работы. | Раздел №4 курсовой работы | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 2.5 Расчет оптимального распределения активной мощности градиентным методом для концентрированной системы  |    |  | 5/2И   | 2     | – решение задач под руководством преподавателя;<br>– выполнение раздела №5 курсовой работы. | Раздел №5 курсовой работы | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 2.6 Расчет оптимального распределения активных мощностей методом приведенного градиента с учетом сетевых ограничений   |    |  | 6/2И   | 2     | – решение задач под руководством преподавателя;<br>– выполнение раздела №6 курсовой работы. | Раздел №6 курсовой работы | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 2.7 Выбор оптимальной стратегии развития генерирующих мощностей методом динамического программирования   |    |  | 7/2И   | 3     |   |                           | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 2.8 Курсовая работа  |    |  |        | 24    | Выполнение курсовой работы  | Защита курсовой работы    | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| 2.9 Экзамен  |    |  |        |       | Подготовка к экзамену   | Сдача экзамена            | ПК-1.1,<br>ПК-1.2,<br>ПК-1.3,<br>ПК-6.1,<br>ПК-6.2,<br>ПК-6.3 |
| Итого по разделу   |    |  | 34/12И | 39    |   |                           |   |
| Итого за семестр   | 17 |  | 34/12И | 53,15 |   | экзамен,кр                |   |
| Итого по дисциплине  | 17 |  | 34/12И | 53,15 |   | курсовая работа, экзамен  |   |



## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Оптимальные режимы работы генерирующих источников» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Оптимальные режимы работы генерирующих источников» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях–консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятиях используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Малафеев, А. В. Оптимизация установившихся режимов систем электроснабжения и электроэнергетических систем : учебное пособие [для вузов] / А. В. Малафеев, А. В. Варганова ; МГТУ. - 2-е изд. - Магнитогорск : МГТУ, 2019. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3898.pdf&show=dcatalogues/1/1530041/3898.pdf&view=true> (дата обращения: 14.09.2020). - Макрообъект. - ISBN 978-5-9967-1537-4. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Костюк А.Г., Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций : учебник для вузов / А.Г. Костюк, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01400-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html> (дата обращения: 21.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Электроэнергетические системы и сети: модели развития : учебное пособие для вузов / С. С. Ананичева, П. Е. Мезенцев, А. Л. Мызин ; под научной редакцией П. И. Бартоломея. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 148 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07671-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455365> (дата обращения: 21.09.2020).

3. Рачков, М. Ю. Оптимальное управление в технических системах : учебное пособие для вузов / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09144-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452772> (дата обращения: 21.09.2020).

4. Табуров, Д.Ю. Управление производством электроэнергии на тепловых электростанциях с помощью автоматизированных информационных систем / Д.Ю. Табуров, П.В. Николаев. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01348-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013489.html> (дата обращения: 21.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

5. Папков, Б. В. Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков : учебник и практикум для вузов / Б. В. Папков, А. Л. Куликов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 470 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00721-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452083> (дата обращения: 21.09.2020).

6. Герасименко, А. А. Оптимальная компенсация реактивной мощности в системах распределения электрической энергии [Электронный ресурс] : монография / А. А. Герасименко, В. Б. Нешатаев. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 218 с. - ISBN 978-5-7638-2630-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/492442> (дата обращения: 21.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

7. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» <http://esik.magtu.ru/ru/>

8. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive>

9. Журнал "Вестник Ивановского государственного энергетического университета" <http://vestnik.ispu.ru/taxonomy/term/102#>

#### в) Методические указания:

1. Малафеев, А.В. Расчет оптимальных режимов загрузки генераторов собственных электростанций промышленных предприятий [Текст]: методическая разработка к практическим занятиям по дисциплине «Оптимальные режимы систем электроснабжения» для магистрантов направления 140400.68 Электроэнергетика и электротехника, профиль Электроснабжение / А.В. Малафеев. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 33 с. - Текст : непосредственный.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Программное обеспечение

| Наименование ПО                         | № договора                   | Срок действия лицензии |
|---|------------------------------|------------------------|
| MS Windows 7 Professional(для классов)  | Д-1227-18 от 08.10.2018      | 11.10.2021             |
| MS Windows 7 Professional (для классов) | Д-757-17 от 27.06.2017       | 27.07.2018             |
| MS Office 2007 Professional             | № 135 от 17.09.2007          | бессрочно              |
| 7Zip                                    | свободно распространяемое    | бессрочно              |
| FAR Manager                             | свободно распространяемое    | бессрочно              |
| Calculate Linux Desktop Xfce            | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |
| Linux Calculate                         | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса  | Ссылка  |
|---|---|
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»                         | <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>                               |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования                 | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>      |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)  | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                          |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова   | <a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a> |
| Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент                                    | <a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>                                     |
| Университетская информационная система РОССИЯ   | <a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>                                   |
| Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science» | <a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>                                     |
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных  | <a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>   |
| Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals  | <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>                                 |
| Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний                                   | <a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>                 |
| Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга                             | <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>                       |
| Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference                           | <a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>               |
| Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике zbMATH                           | <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>   |
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»      | <a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>                   |
| Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный консорциум» (НП НЭИКОН)                    | <a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>                   |

#### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - доска, мультимедийный проектор, экран.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся - персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
3. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(обязательное)

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач и выполнения упражнений, которые определяет преподаватель для студента.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала и выполнения домашних заданий с консультациями преподавателя.

#### Характеристика курсовой работы

При изучении дисциплины «Оптимальные режимы работы генерирующих источников» студенты выполняют курсовую работу. Назначение курсовой работы состоит в усвоении методов оптимизации режимов систем электроснабжения и электроэнергетических систем, методов выбора оптимального состава работающих агрегатов электростанций и разработки оптимальных планов развития электроэнергетических систем и более глубоком усвоении вопросов, связанных с практическим применением методов оптимизации.

На выполнение курсовой работы отводится 24 часа самостоятельной работы в 3 семестре.

Курсовая работа содержит следующие разделы:

1) построение эквивалентных расходных характеристик и характеристик относительных приростов тепловых электростанций. Расчет оптимального распределения активной мощности методом относительных приростов;

2) расчет оптимального распределения активной мощности методом динамического программирования в системе электроснабжения с теплофикационными электростанциями;

3) выбор оптимального состава работающих агрегатов с использованием критерия выгоды отключения;

4) выбор оптимального состава работающих агрегатов методом ветвей и границ;

5) расчет оптимального распределения активной мощности градиентным методом для концентрированной системы;

6) расчет оптимального распределения активных мощностей методом приведенного градиента с учетом сетевых ограничений;

7) выбор оптимальной стратегии развития генерирующих мощностей методом динамического программирования.

Каждому студенту выдается индивидуальное задание. Ежедневно проводится контроль выполнения разделов проекта с обязательной отметкой о выполненном объеме. С целью повышения эффективности выполнения курсовой работы регулярно проводятся индивидуальные консультации. При выполнении курсовой работы необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой и другими источниками. По окончании выполнения курсовой работы преподавателем назначается дата защиты.

**Для защиты курсовой работы** необходимо получить допуск преподавателя. Для этого необходимо за пять дней до защиты с целью идентификации несоответствий и выявления ошибок необходимо представить пояснительную записку в соответствии с нормативными документами. Выявленные ошибки должны быть качественно устранены в определенные преподавателем сроки. После доработки студентом курсовой работы при отсутствии замечаний со стороны преподавателя студент допускается к защите.

**Защита курсовой работы** проводится в форме собеседования. Защита включает в себя устное сообщение в соответствии с результатами курсовой работы. По окончании доклада преподавателем задаются дополнительные вопросы. По результатам защиты и хода выполнения курсовой работы выставляется итоговая оценка.

#### Примеры заданий на аудиторные контрольные работы:

*Аудиторная контрольная работа №1 – Исходные данные и структура оптимизационных задач*

Вариант №1

1. Перечислите составляющие оптимизационной задачи.
2. Что называется диаграммой режимов теплофикационной турбины?

Вариант №2

1. Чем отличаются относительные энергетические показатели от дифференциальных?
2. Какие ограничения являются зависимыми, какие – функциональными?

Вариант №3

1. Перечислите виды информации в режимных задачах.
2. Назовите виды иерархии в задачах управления режимами.

Вариант №4

1. В чем заключается отличие между задачами оптимизации режима электроэнергетической системы, внутривыпускной оптимизации, оптимизации режима электрической сети?
2. Приведите примеры частично неопределенной информации.

*Аудиторная контрольная работа №2 – Применение математических методов оптимизации в электроэнергетике.*

Вариант №1

1. В чем заключается принцип равенства относительных приростов?
2. Что понимается под оценкой в методе ветвей и границ?
3. Что называется линией уровня?

Вариант №2

1. В чем заключается метод неопределенных множителей Лагранжа?
2. Чем отличается внутривыпускная оптимизация режима на КЭС и на ТЭЦ?
3. Дайте определение градиента.

Вариант №3

1. В чем заключается метод динамического программирования?
2. Какие ограничения относятся к независимым?
3. Дайте определение множества Парето.

Вариант №4

1. Сформулируйте принцип Беллмана.
2. В чем заключается метод штрафных функций?
3. Какова суть метода скаляризации?

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

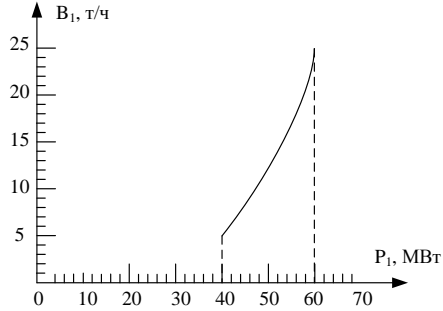
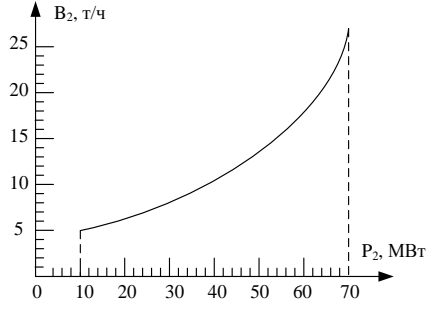
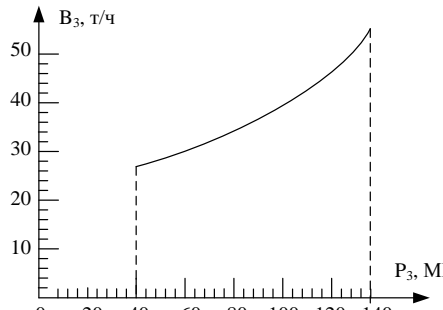
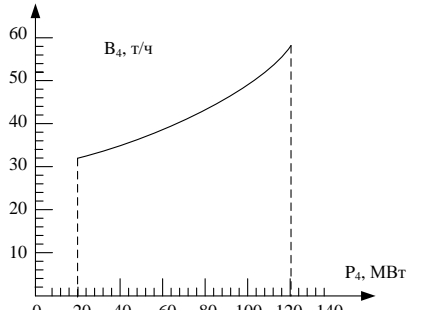
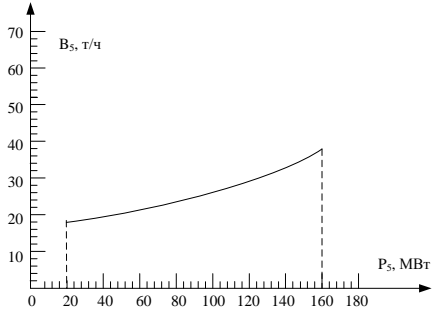
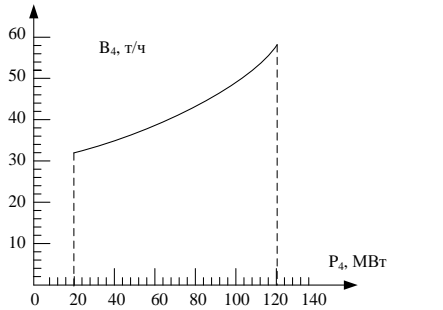
(обязательное)

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Код индикатора   | Индикатор достижения компетенции  | Оценочные средства  |
|--|---|---|
| <b>ПК-1. Способен самостоятельно выполнять исследования, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности</b> |   |   |
| <b>ПК-1.1</b>  | <p>Определяет под руководством специалиста более высокой квалификации содержание и требования к результатам исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП на основе изучения тенденций развития соответствующей области научного знания, запросов рынка труда, образовательных потребностей и возможностей обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Иерархия задач управления в энергетике.</li> <li>2. Оптимизация внутростанционных режимов методом ветвей и границ.</li> <li>3. Энергетические характеристики электростанций.</li> <li>4. Критерий выгоды отключения. Стратегия останова (пуска) агрегатов по критерию выгоды отключения.</li> <li>5. Энергетические характеристики котлов и турбин.</li> <li>6. Постановка задачи выбора состава агрегатов энергосистемы.</li> <li>7. Критерии оптимальности в режимных задачах.</li> </ol> <p>Найти оптимальное распределение мощностей между четырьмя электростанциями методом наискорейшего градиентного спуска. В исходном режиме коэффициенты загрузки электростанций одинаковы, переток мощности через балансирующий узел отсутствует. Считать, что электростанции включены в один узел энергосистемы, пренебрегая режимом электрической сети.</p> <p><b>КЭС №1</b><br/> <math>V_1=0,018P_1^2-0,244P_1+10,09</math><br/> <math>P_{\min}=4</math> МВт<br/> <math>P_{\max}=80</math> МВт<br/>                     Стоимость угля 2360 руб./т</p> <p><b>КЭС №2</b><br/> <math>V_2=0,018P_2^2-0,029P_2+4,863</math></p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции  | Оценочные средства  |
|----------------|---|---|
|                |   | $P_{\min}=5$ МВт<br>$P_{\max}=100$ МВт<br>Стоимость угля 2480 руб./т<br><b>КЭС №3</b><br>$B_3=0,029P_3^2-0,157P_3+4,19$<br>$P_{\min}=5$ МВт<br>$P_{\max}=100$ МВт<br>Стоимость угля 2490 руб./т<br><b>КЭС №4</b><br>$B_4=0,008P_4^2+0,311P_4+0,207$<br>$P_{\min}=5$ МВт<br>$P_{\max}=130$ МВт<br>Стоимость угля 2310 руб./т<br>Суммарная нагрузка в системе – 220 МВт<br>Стоимость электроэнергии, передаваемой (принимаемой) через узел связи – 1,9 руб./кВт·ч<br>$B$ – в т/ч, $P$ – в МВт |
| <b>ПК-1.2</b>  | Выполняет поручения по организации научно-исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП | По заданным расходным характеристикам энергоблоков КЭС, пользуясь критерием выгоды отключения, составить оптимальную стратегию вывода их в резерв при снижении нагрузки в системе. В качестве критерия оптимальности принять минимум расхода топлива.   |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства  |
|----------------|----------------------------------|---|
|                |                                  | <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  <p>Graph showing the relationship between power <math>P_1</math> (MW) on the x-axis and volume <math>V_1</math> (t/h) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 70, and the y-axis from 0 to 25. A curve starts at approximately (38, 5) and rises to (60, 25).</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>Graph showing the relationship between power <math>P_2</math> (MW) on the x-axis and volume <math>V_2</math> (t/h) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 70, and the y-axis from 0 to 25. A curve starts at approximately (10, 5) and rises to (70, 25).</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>Graph showing the relationship between power <math>P_3</math> (MW) on the x-axis and volume <math>V_3</math> (t/h) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 140, and the y-axis from 0 to 50. A curve starts at approximately (40, 25) and rises to (140, 55).</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>Graph showing the relationship between power <math>P_4</math> (MW) on the x-axis and volume <math>V_4</math> (t/h) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 140, and the y-axis from 0 to 60. A curve starts at approximately (20, 30) and rises to (120, 58).</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>Graph showing the relationship between power <math>P_5</math> (MW) on the x-axis and volume <math>V_5</math> (t/h) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 180, and the y-axis from 0 to 70. A curve starts at approximately (20, 20) and rises to (160, 40).</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>Graph showing the relationship between power <math>P_4</math> (MW) on the x-axis and volume <math>V_4</math> (t/h) on the y-axis. The x-axis ranges from 0 to 140, and the y-axis from 0 to 60. A curve starts at approximately (20, 30) and rises to (120, 58).</p> </div> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод ветвей и границ. Вычисление границ.</li> <li>2. Оптимальное распределение нагрузки между агрегатами</li> </ol> |



| Код индикатора   | Индикатор достижения компетенции  | Оценочные средства   |              |    |     |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
|------------------|---|--|--------------|----|-----|--|------------------|----|----|----|-------------|---|---|----|--------------|--|--|--|--|--|------------------|----|----|----|----|-----|-------------|---|----|----|----|----|--------------|--|--|--|------------------|----|----|-----|-------------|---|----|----|
|                  |   | <p>электростанций методом относительных приростов.</p> <p>3. Градиентный метод оптимизации. Общая характеристика.</p> <p>4. Выпуклость и вогнутость. Условия единственности экстремума. Теорема Куна-Таккера.</p> <p>5. Схема метода ветвей и границ. Использование одновременного ветвления.</p> <p>6. Построение эквивалентной характеристики относительных приростов. Учет ограничений.</p> <p>7. Градиентный метод оптимизации. Порядок выбора множителя.</p>  |              |    |     |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
| ПК-1.3           | Выполняет поручения по организации научных конференций, конкурсов проектных и исследовательских работ обучающихся | <p>Найти оптимальное распределение активных мощностей между тремя турбогенераторами методом динамического программирования. Расходные характеристики турбин заданы в табличном виде как зависимости расхода свежего пара от электрической нагрузки.</p> <p style="text-align: right;">Таблица 1</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Генератор №1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><math>D_{0(1)}</math>, т/ч</td> <td style="text-align: center;">21</td> <td style="text-align: center;">43</td> <td style="text-align: center;">84</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>P_1</math>, МВт</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">Таблица 2</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">Генератор №2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><math>D_{0(2)}</math>, т/ч</td> <td style="text-align: center;">40</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">76</td> <td style="text-align: center;">80</td> <td style="text-align: center;">145</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>P_2</math>, МВт</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">27</td> <td style="text-align: center;">32</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">Таблица 3</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Генератор №3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><math>D_{0(3)}</math>, т/ч</td> <td style="text-align: center;">26</td> <td style="text-align: center;">70</td> <td style="text-align: center;">140</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>P_3</math>, МВт</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">21</td> </tr> </tbody> </table> | Генератор №1 |    |     |  | $D_{0(1)}$ , т/ч | 21 | 43 | 84 | $P_1$ , МВт | 4 | 8 | 10 | Генератор №2 |  |  |  |  |  | $D_{0(2)}$ , т/ч | 40 | 50 | 76 | 80 | 145 | $P_2$ , МВт | 8 | 20 | 27 | 32 | 40 | Генератор №3 |  |  |  | $D_{0(3)}$ , т/ч | 26 | 70 | 140 | $P_3$ , МВт | 6 | 15 | 21 |
| Генератор №1     |   |  |              |    |     |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
| $D_{0(1)}$ , т/ч | 21  | 43   | 84           |    |     |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
| $P_1$ , МВт      | 4   | 8  | 10           |    |     |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
| Генератор №2     |   |  |              |    |     |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
| $D_{0(2)}$ , т/ч | 40  | 50   | 76           | 80 | 145 |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
| $P_2$ , МВт      | 8   | 20   | 27           | 32 | 40  |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
| Генератор №3     |   |  |              |    |     |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
| $D_{0(3)}$ , т/ч | 26  | 70   | 140          |    |     |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |
| $P_3$ , МВт      | 6   | 15   | 21           |    |     |  |                  |    |    |    |             |   |   |    |              |  |  |  |  |  |                  |    |    |    |    |     |             |   |    |    |    |    |              |  |  |  |                  |    |    |     |             |   |    |    |

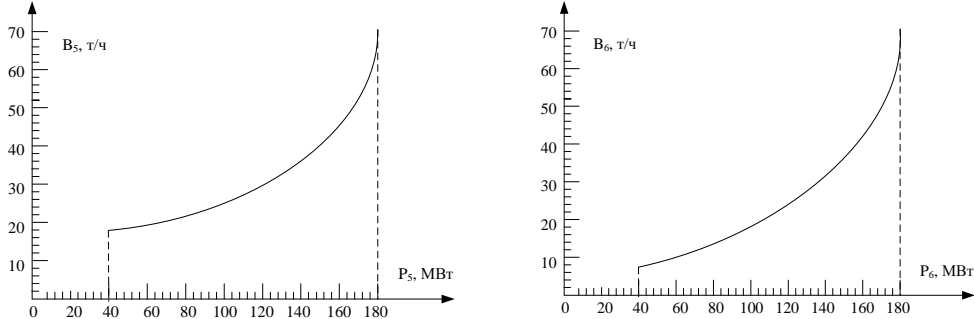
| Код индикатора  | Индикатор достижения компетенции   | Оценочные средства   |
|---|--|--|
|   |  | <p>В качестве критерия оптимальности принять минимум стоимости расхода свежего пара. Считать, что стоимость пара на всех точках характеристики одинакова и равна для первого агрегата 160 руб./т, для второго агрегата – 250 руб./т, для третьего агрегата – 270 руб./т. Нагрузка предприятия равна 190 МВт. Необходимо обеспечить прием из районной энергосистемы, равный 130 МВт.</p>  |
| <p><b>ПК-6. Способен к обеспечению требуемых параметров режима и размещения резерва, принятию решений по диспетчерским заявкам, организации и руководству оперативными переключениями</b></p> |  |  |
| <p><b>ПК-6.1</b></p>  | <p>Принимает решения по диспетчерским заявкам о реализации мер по поддержанию частоты, величин перетоков активной мощности, токовой нагрузки линий и допустимого уровня напряжения в допустимом диапазоне путем оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетических режимов энергосистемы и определяет объем и эффективность соответствующих управляющих воздействий</p> | <p>Найти оптимальное распределение мощностей между четырьмя электростанциями методом приведенного градиента. В исходном режиме коэффициенты загрузки электростанций одинаковы, переток мощности через балансирующий узел отсутствует.</p> <p>Считать целевую функцию состоящей из двух слагающих – затрат на топливо и стоимости потерь активной мощности. Коэффициент мощности для всех станций считать неизменным и равным 0,95. Для расчета потерь активной мощности использовать метод узловых напряжений.</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства  |
|----------------|----------------------------------|---|
|                |                                  | <p>The diagram illustrates a power system configuration with the following components and power values:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>AC-300/66</b>: Two units, one at the top-left and one in the middle-left.</li> <li><b>AC-240/56</b>: Two units, one at the top-right and one in the middle-right.</li> <li><b>AC-300/48</b>: Three units, one on the left vertical line, one on the right vertical line, and one on a diagonal line connecting the bottom-left and top-right nodes.</li> <li><b>AC-185/43</b>: Two units, one on the right vertical line and one at the bottom horizontal line.</li> </ul> <p>Complex power values (A) are indicated at various nodes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Top-right node: <math>850+j260</math> A</li> <li>Middle-right node: <math>700+j350</math> A</li> <li>Bottom-right node: <math>980+j570</math> A</li> <li>Bottom-middle node: <math>400+j300</math> A</li> </ul> <p>External power sources are labeled <math>S_{r1}</math>, <math>S_{r2}</math>, <math>S_{r3}</math>, and <math>S_{r4}</math> with arrows pointing towards the system nodes.</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства  |
|----------------|----------------------------------|---|
|                |                                  | <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p><math>V_1, \text{ т/ч}</math></p> <p><math>P_1, \text{ МВт}</math></p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><math>V_2, \text{ т/ч}</math></p> <p><math>P_2, \text{ МВт}</math></p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><math>V_3, \text{ т/ч}</math></p> <p><math>P_3, \text{ МВт}</math></p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><math>V_4, \text{ т/ч}</math></p> <p><math>P_4, \text{ МВт}</math></p> </div> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение перерасхода топлива вследствие отклонения от оптимального режима.</li> <li>2. Градиентный метод оптимизации. Ограничение выбросов шага.</li> <li>3. Общая характеристика задачи оптимизации режимов систем электроснабжения с собственными электростанциями.</li> <li>4. Градиентный метод оптимизации. Стабилизация путем выравнивания производных.</li> <li>5. Модификация метода штрафных функций со сдвигом допустимых пределов.</li> <li>6. Упрощенный алгоритм комплексной оптимизации режима</li> </ol> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции  | Оценочные средства  |
|----------------|---|---|
|                |   | <p>энергосистемы на основе метода неопределенных множителей Лагранжа.</p> <p>7. Модификация метода штрафных функций с интегрированием производной штрафной функции.</p>   |
| ПК-6.2         | <p>Принимает решения по диспетчерским заявкам о разрешении вывода в ремонт и ввода в работу электроустановок и подготовке электроэнергетического режима на это время, по поддержанию минимального необходимого резерва активной мощности и места его размещения путем оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетических режимов энергосистемы</p> | <p>Построить эквивалентную характеристику относительных приростов. Найти графически оптимальное распределение активных мощностей между четырьмя генераторами ТЭЦ, пользуясь методом относительных приростов. Характеристики относительных приростов приведены на рисунке. В качестве критерия оптимальности принять минимум расхода свежего пара.</p> <p>The figure contains four separate graphs, each representing a generator's characteristic. The y-axis for all is labeled <math>d_i, \text{т}/(\text{МВт}\cdot\text{ч})</math> and ranges from 0 to 25 with major ticks every 5 units. The x-axis for all is labeled <math>P_i, \text{МВт}</math> and ranges from 0 to 35 with major ticks every 5 units. Each graph shows a convex curve starting at a specific power value and increasing as power increases. A vertical dashed line marks the end of the curve for each generator.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Graph 1 (top-left): <math>d_1</math> vs <math>P_1</math>. The curve starts at <math>P_1 \approx 5</math> and ends at <math>P_1 = 35</math>.</li> <li>Graph 2 (top-right): <math>d_2</math> vs <math>P_2</math>. The curve starts at <math>P_2 \approx 5</math> and ends at <math>P_2 \approx 22</math>.</li> <li>Graph 3 (bottom-left): <math>d_3</math> vs <math>P_3</math>. The curve starts at <math>P_3 \approx 15</math> and ends at <math>P_3 = 35</math>.</li> <li>Graph 4 (bottom-right): <math>d_4</math> vs <math>P_4</math>. The curve starts at <math>P_4 \approx 10</math> and ends at <math>P_4 \approx 25</math>.</li> </ul> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства   |
|----------------|----------------------------------|--|
|                |                                  | <p data-bbox="1025 308 2101 416">По заданным расходным характеристикам энергоблоков КЭС определить оптимальный состав работающих агрегатов, используя метод ветвей и границ. Одновременно не могут быть отключены блоки 1 и 5.</p> <div data-bbox="1048 432 2045 1137"> <p>The figure contains four separate graphs, each representing an energy unit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Graph 1 (top-left):</b> Y-axis is <math>B_1, \text{т/ч}</math> (0 to 25), X-axis is <math>P_1, \text{МВт}</math> (0 to 70). A curve starts at <math>P_1 \approx 10, B_1 \approx 5</math> and rises to <math>P_1 \approx 60, B_1 \approx 25</math>. A vertical dashed line is at <math>P_1 = 60</math>.</li> <li><b>Graph 2 (top-right):</b> Y-axis is <math>B_2, \text{т/ч}</math> (0 to 25), X-axis is <math>P_2, \text{МВт}</math> (0 to 70). A curve starts at <math>P_2 \approx 10, B_2 \approx 5</math> and rises to <math>P_2 \approx 60, B_2 \approx 22</math>. A vertical dashed line is at <math>P_2 = 60</math>.</li> <li><b>Graph 3 (bottom-left):</b> Y-axis is <math>B_3, \text{т/ч}</math> (0 to 50), X-axis is <math>P_3, \text{МВт}</math> (0 to 140). A curve starts at <math>P_3 \approx 20, B_3 \approx 15</math> and rises to <math>P_3 \approx 140, B_3 \approx 45</math>. A vertical dashed line is at <math>P_3 = 140</math>.</li> <li><b>Graph 4 (bottom-right):</b> Y-axis is <math>B_4, \text{т/ч}</math> (0 to 60), X-axis is <math>P_4, \text{МВт}</math> (0 to 140). A curve starts at <math>P_4 \approx 40, B_4 \approx 15</math> and rises to <math>P_4 \approx 140, B_4 \approx 60</math>. A vertical dashed line is at <math>P_4 = 140</math>.</li> </ul> </div> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции  | Оценочные средства  |      |                           |
|----------------|---|---|------|---------------------------|
|                |   |    |      |                           |
| <b>ПК-6.2</b>  | <p>Принимает решения по диспетчерским заявкам о разрешении вывода в ремонт и ввода в работу электроустановок и подготовке электроэнергетического режима на это время, по поддержанию минимального необходимого резерва активной мощности и места его размещения путем оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетических режимов энергосистемы</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбор состава агрегатов в системе с тепловыми электростанциями с использованием критерия выгоды отключения.</li> <li>2. Информация в режимных задачах.</li> <li>3. Выбор стратегии останова агрегатов для заданного графика нагрузки с учетом пусковых расходов.</li> <li>4. Математическая модель одноцелевого объекта управления.</li> <li>5. Метод ветвей и границ. Операция ветвления.</li> <li>6. Оптимальное распределение нагрузки между тепловыми электростанциями в тепловой энергосистеме. Применение метода неопределенных множителей Лагранжа.</li> <li>7. Оптимизация режима системы электроснабжения с собственными электростанциями методом динамического программирования.</li> <li>8. Основные положения метода штрафных функций.</li> <li>9. Задача комплексной оптимизации режимов энергосистемы.</li> </ol> |      |                           |
| <b>ПК-6.3</b>  | <p>Разрабатывает программы переключений на вывод в ремонт и ввод в работу линий электропередачи и оборудования в соответствии с диспетчерскими заявками</p>   | <p>На основе представленной платежной матрицы выбрать оптимальный план развития системы электроснабжения, используя критерии Вальда, Сэвиджа, Лапласа, Гурвица. Сопоставить полученные результаты. В клетках матрицы даны приведенные затраты (в млн руб.).</p> <table border="1" data-bbox="1032 1318 2092 1353"> <tr> <td data-bbox="1032 1318 1211 1353">План</td> <td data-bbox="1211 1318 2092 1353">Фактическая нагрузка, МВт</td> </tr> </table>   | План | Фактическая нагрузка, МВт |
| План           | Фактическая нагрузка, МВт   |   |      |                           |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции  | Оценочные средства |                        |            |            |            |            |            |
|----------------|---|--------------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                |   | развития           | 60                     | 64         | 68         | 72         | 76         |            |
|                |   | П-1                | 124                    | 120        | 130        | 132        | 140        |            |
|                |   | П-2                | 150                    | 115        | 131        | 144        | 152        |            |
|                |   | П-3                | 140                    | 128        | 117        | 146        | 148        |            |
|                |   | П-4                | 145                    | 120        | 112        | 129        | 134        |            |
|                |   | П-5                | 151                    | 129        | 121        | 133        | 135        |            |
|                | <p>Разработать оптимальный план развития генерирующих мощностей энергосистемы. Зависимости затрат (млрд руб.) от вводимой мощности приведены в таблице.</p> |                    |                        |            |            |            |            |            |
|                |   | № станции          | Вводимая мощность, МВт |            |            |            |            |            |
|                |   |                    | <b>0</b>               | <b>100</b> | <b>200</b> | <b>300</b> | <b>400</b> | <b>500</b> |
|                |   | <b>1</b>           | 0                      | 11         | 21         | 31         | 36         | 36         |
|                |   | <b>2</b>           | 0                      | 12         | 20         | 25         | 29         | 38         |
|                |   | <b>3</b>           | 0                      | 14         | 18         | 29         | 32         | 38         |
|                |   | <b>4</b>           | 0                      | 10         | 12         | 25         | 28         | 37         |
|                |   | <b>5</b>           | 0                      | 18         | 24         | 28         | 32         | 38         |
|                |   | <b>6</b>           | 0                      | 13         | 22         | 28         | 34         | 37         |



## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Оптимальные режимы работы генерирующих источников» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень освоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и навыков. Проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсовой работы.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе его выполнения обучающийся развивает навыки к научно-исследовательской деятельности, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Оптимальные режимы систем электроснабжения». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе подготовки курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах, самостоятельно проанализировать практический материал, подробно проработать и обосновать практические предложения.

### **Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.