



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
В.Р. Храмшин
04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ГЕНЕРИРУЮЩИХ
ИСТОЧНИКОВ***

Направление подготовки (специальность)
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Цифровой 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
2025 год

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

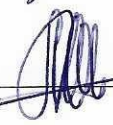
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Электроснабжения промышленных предприятий
30.01.2025, протокол № 4

Зав. кафедрой  А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
04.02.2025, протокол № 3

Председатель  В.Р. Храмшин

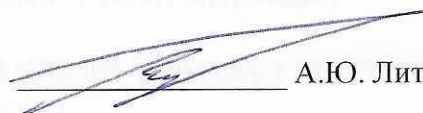
Рабочая программа составлена:
профессор кафедры ЭПП, д-р техн. наук

 А.В. Малафеев

Рецензент:

зам. начальника ЭТО

АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ»

 А.Ю. Литвинов

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

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

Программное обеспечение в электроэнергетике

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 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 35 акад. часов;
- аудиторная – 34 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов
- самостоятельная работа – 37 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. 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; – проработка лекционного материала	Входной контроль	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, 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; – проработка лекционного материала; – изучение заводской документации на паровые турбины и котлы.	Экспресс-опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, 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; – проработка лекционного материала.	Экспресс-опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3

1.4 Оптимизация распределения активных мощностей в системе электроснабжения промышленного предприятия собственными электростанциями. Применение метода динамического программирования	3			2	– самостоятельное изучение учебной литературы; – подготовка к аудиторной контрольной работе.	АКР №1	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, 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; – проработка лекционного материала.	Экспресс-опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, 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; – проработка лекционного материала.	Экспресс-опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3
1.7 Оптимизация развития энергосистем и электрических сетей. Статические, динамические и полудинамические производственные функции. Целевая функция затрат. Применение метода динамического программирования для планирования оптимальной траектории развития генерирующих мощностей. Применение метода линейного программирования для оптимизации структуры генерирующих мощностей.	2			2	– самостоятельное изучение учебной литературы; – подготовка к аудиторной контрольной работе.	АКР №2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3
Итого по разделу	17			14			
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		2	2	– решение задач под руководством преподавателя		ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3

2.2 Расчет оптимального распределения активной мощности методом динамического программирования в системе электроснабжения с теплофикационными электростанциями			2	2	– решение задач под руководством преподавателя		ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3
2.3 Выбор оптимального состава работающих агрегатов с использованием критерия выгоды отключения			2	2	– решение задач под руководством преподавателя		ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3
2.4 Выбор оптимального состава работающих агрегатов методом ветвей и границ			1	2	– решение задач под руководством преподавателя		ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3
2.5 Расчет оптимального распределения активной мощности градиентным методом для концентрированной системы			3	2	– решение задач под руководством преподавателя		ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3
2.6 Расчет оптимального распределения активных мощностей методом приведенного градиента с учетом сетевых ограничений			3	2	– решение задач под руководством преподавателя		ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3
2.7 Выбор оптимальной стратегии развития генерирующих мощностей методом динамического программирования			4	3			ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3
2.8 Зачет				8	Подготовка к зачету	Сдача зачета	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3
Итого по разделу			17	23			
Итого за семестр	17		17	37		зачет	
Итого по дисциплине	17		17	37		зачет	

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). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2479>. - ISBN 978-5-9967-1537-4. - Текст : электронный.

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: 04.03.2025). - 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: 04.03.2025).

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: 04.03.2025).

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: 04.03.2025). - 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: 04.03.2025).

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: 04.03.2025). – Режим доступа: по подписке.

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

8. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://www.powervestniksusu.ru/index.php/PVS>

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

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 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»	https://dlib.eastview.com/

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент	http://ecsocman.hse.ru/

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. Ежеженедельно 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

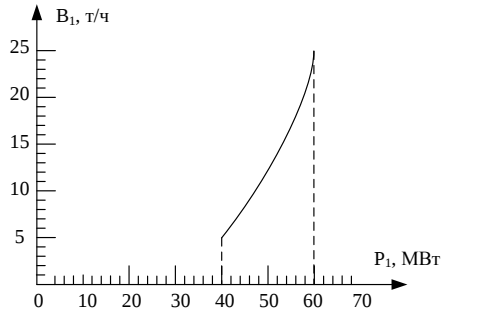
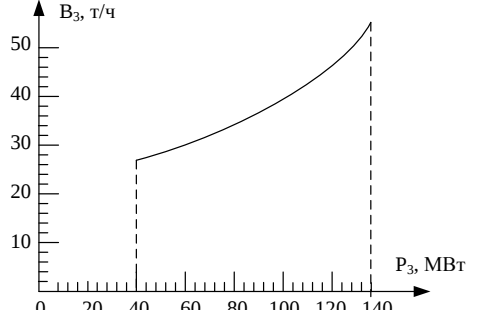
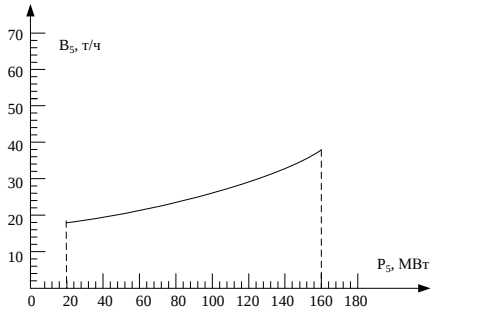
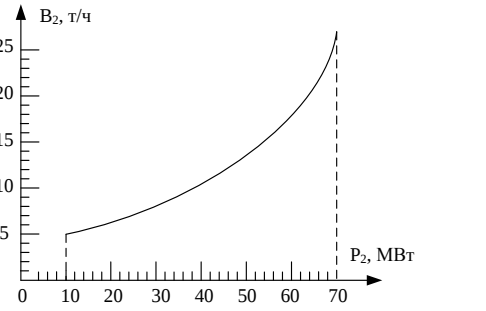
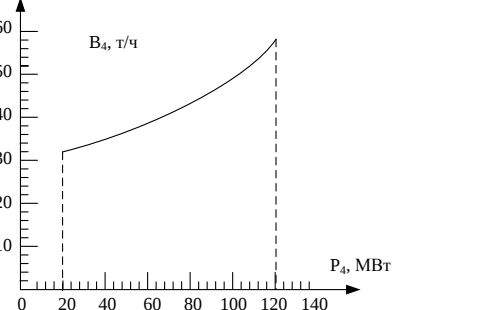
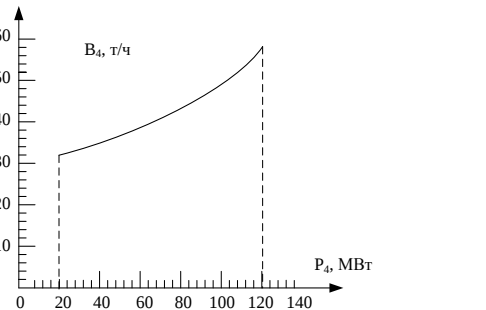
(обязательное)

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
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	1. Иерархия задач управления в энергетике. 2. Оптимизация внутривансионных режимов методом ветвей и границ. 3. Энергетические характеристики электростанций. 4. Критерий выгоды отключения. Стратегия останова (пуска) агрегатов по критерию выгоды отключения. 5. Энергетические характеристики котлов и турбин. 6. Постановка задачи выбора состава агрегатов энергосистемы. 7. Критерии оптимальности в режимных задачах. 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. КЭС №1 $B_1=0,018P_1^2-0,244P_1+10,09$ $P_{\min}=4$ МВт $P_{\max}=80$ МВт Стоимость угля 2360 руб./т КЭС №2 $B_2=0,018P_2^2-0,029P_2+4,863$

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		$P_{\min}=5 \text{ МВт}$ $P_{\max}=100 \text{ МВт}$ Стоимость угля 2480 руб./т КЭС №3 $B_3=0,029P_3^2-0,157P_3+4,19$ $P_{\min}=5 \text{ МВт}$ $P_{\max}=100 \text{ МВт}$ Стоимость угля 2490 руб./т КЭС №4 $B_4=0,008P_4^2+0,311P_4+0,207$ $P_{\min}=5 \text{ МВт}$ $P_{\max}=130 \text{ МВт}$ Стоимость угля 2310 руб./т Суммарная нагрузка в системе – 220 МВт Стоимость электроэнергии, передаваемой (принимаемой) через узел связи – 1,9 руб./кВт·ч B – в т/ч, P – в МВт
ПК-1.2	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	
		  	  
		1. Метод ветвей и границ. Вычисление границ. 2. Оптимальное распределение нагрузки между агрегатами	

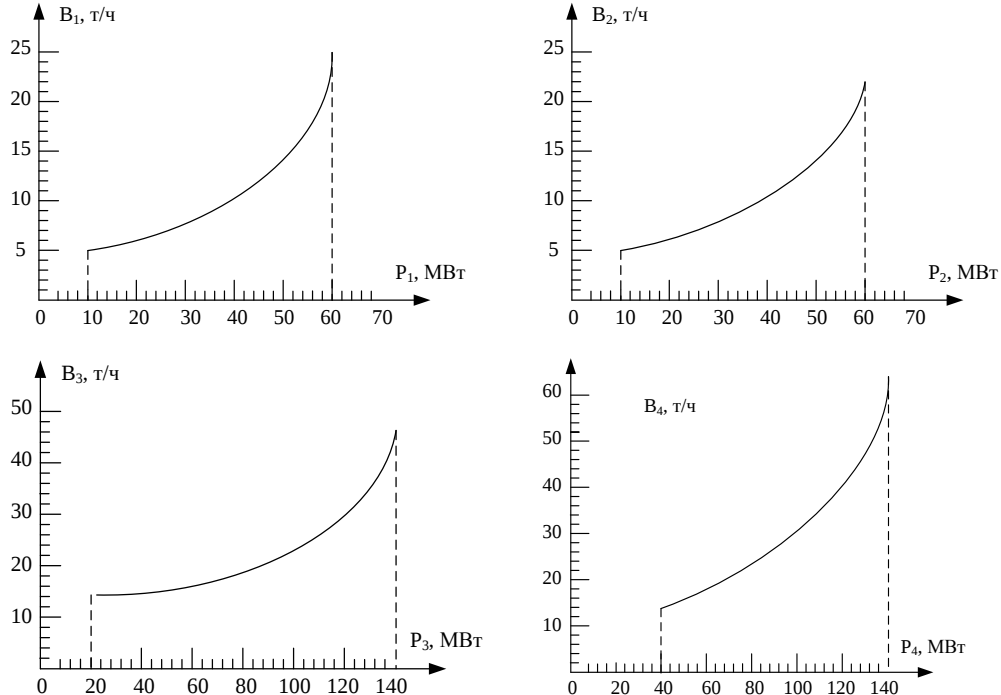
Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																										
		электростанций методом относительных приростов. 3. Градиентный метод оптимизации. Общая характеристика. 4. Выпуклость и вогнутость. Условия единственности экстремума. Теорема Куна-Таккера. 5. Схема метода ветвей и границ. Использование одновременного ветвления. 6. Построение эквивалентной характеристики относительных приростов. Учет ограничений. 7. Градиентный метод оптимизации. Порядок выбора множителя.																																										
ПК-1.3	Выполняет поручения по организации научных конференций, конкурсов проектных и исследовательских работ обучающихся	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. Таблица 1 <table><tr><th colspan="4">Генератор №1</th></tr><tr><td>D₀₍₁₎, т/ч</td><td>21</td><td>43</td><td>84</td></tr><tr><td>P₁, МВт</td><td>4</td><td>8</td><td>10</td></tr></table> Таблица 2 <table><tr><th colspan="6">Генератор №2</th></tr><tr><td>D₀₍₂₎, т/ч</td><td>40</td><td>50</td><td>76</td><td>80</td><td>145</td></tr><tr><td>P₂, МВт</td><td>8</td><td>20</td><td>27</td><td>32</td><td>40</td></tr></table> Таблица 3 <table><tr><th colspan="4">Генератор №3</th></tr><tr><td>D₀₍₃₎, т/ч</td><td>26</td><td>70</td><td>140</td></tr><tr><td>P₃, МВт</td><td>6</td><td>15</td><td>21</td></tr></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
		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.
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	Найти оптимальное распределение мощностей между четырьмя электростанциями методом приведенного градиента. В исходном режиме коэффициенты загрузки электростанций одинаковы, переток мощности через балансирующий узел отсутствует. 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.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		The diagram illustrates a power system configuration with two buses and four feeders. The top bus is connected to AC-300/66, AC-240/56, and AC-185/43. The bottom bus is connected to AC-300/48, AC-240/56, and AC-185/43. A diagonal line connects the two buses, labeled AC-300/48 and AC-240/56. Power flows are indicated by arrows: 850+j260 A from top to bottom, 700+j350 A from top to bottom, 980+j570 A from top to bottom, 400+j300 A from top to bottom, and 400+j300 A from bottom to top. Source labels S_{r1}, S_{r2}, S_{r3}, and S_{r4} are also present.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		1. Определение перерасхода топлива вследствие отклонения от оптимального режима. 2. Градиентный метод оптимизации. Ограничение выбросов шага. 3. Общая характеристика задачи оптимизации режимов систем электроснабжения с собственными электростанциями. 4. Градиентный метод оптимизации. Стабилизация путем выравнивания производных. 5. Модификация метода штрафных функций со сдвигом допустимых пределов. 6. Упрощенный алгоритм комплексной оптимизации режима

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		энергосистемы на основе метода неопределенных множителей Лагранжа. 7. Модификация метода штрафных функций с интегрированием производной штрафной функции.
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	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. The figure contains four graphs, each representing a different generator (1, 2, 3, and 4). The y-axis for all graphs is labeled $d_i, \text{ т/(МВт*ч)}$ and ranges from 0 to 25 with major ticks every 5 units. The x-axis is labeled $P_i, \text{ МВт}$ and ranges from 0 to 35 with major ticks every 5 units. Each graph shows a curve that starts at a minimum power value and increases as power increases, with a vertical dashed line indicating the maximum power for each generator. - Graph 1: The curve starts at $P_1 = 5$ and ends at $P_1 = 35$. The y-axis value at $P_1 = 35$ is approximately 25. - Graph 2: The curve starts at $P_2 = 5$ and ends at $P_2 = 15$. The y-axis value at $P_2 = 15$ is approximately 15. - Graph 3: The curve starts at $P_3 = 15$ and ends at $P_3 = 35$. The y-axis value at $P_3 = 35$ is approximately 25. - Graph 4: The curve starts at $P_4 = 10$ and ends at $P_4 = 25$. The y-axis value at $P_4 = 25$ is approximately 25.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		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.  The figure contains four graphs, each representing the fuel consumption characteristics of a specific energy block: Graph 1 (Top Left): The vertical axis is labeled $B_1, \text{т/ч}$ with a scale from 0 to 25. The horizontal axis is labeled $P_1, \text{МВт}$ with a scale from 0 to 70. The curve starts at approximately (10, 5) and rises steeply, reaching a vertical asymptote at $P_1 \approx 60$. Graph 2 (Top Right): The vertical axis is labeled $B_2, \text{т/ч}$ with a scale from 0 to 25. The horizontal axis is labeled $P_2, \text{МВт}$ with a scale from 0 to 70. The curve starts at approximately (10, 5) and rises steeply, reaching a vertical asymptote at $P_2 \approx 60$. Graph 3 (Bottom Left): The vertical axis is labeled $B_3, \text{т/ч}$ with a scale from 0 to 50. The horizontal axis is labeled $P_3, \text{МВт}$ with a scale from 0 to 140. The curve starts at approximately (20, 15) and rises steeply, reaching a vertical asymptote at $P_3 \approx 140$. Graph 4 (Bottom Right): The vertical axis is labeled $B_4, \text{т/ч}$ with a scale from 0 to 60. The horizontal axis is labeled $P_4, \text{МВт}$ with a scale from 0 to 140. The curve starts at approximately (40, 15) and rises steeply, reaching a vertical asymptote at $P_4 \approx 140$.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
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	1. Выбор состава агрегатов в системе с тепловыми электростанциями с использованием критерия выгоды отключения. 2. Информация в режимных задачах. 3. Выбор стратегии останова агрегатов для заданного графика нагрузки с учетом пусковых расходов. 4. Математическая модель одноцелевого объекта управления. 5. Метод ветвей и границ. Операция ветвления. 6. Оптимальное распределение нагрузки между тепловыми электростанциями в тепловой энергосистеме. Применение метода неопределенных множителей Лагранжа. 7. Оптимизация режима системы электроснабжения с собственными электростанциями методом динамического программирования. 8. Основные положения метода штрафных функций. 9. Задача комплексной оптимизации 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	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.). 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		
		Разработать оптимальный план развития генерирующих мощностей энергосистемы. Зависимости затрат (млрд руб.) от вводимой мощности приведены в таблице.							
		№ станц ии	Вводимая мощность, МВт						
			0	100	200	300	400	500	
			1	0	11	21	31	36	36
			2	0	12	20	25	29	38
			3	0	14	18	29	32	38
			4	0	10	12	25	28	37
			5	0	18	24	28	32	38
			6	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 зачета.

Зачет 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 зачета:

- на оценку «**зачтено**» – 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 «**незачтено**» – обучающийся демонстрирует знания не более 20%.