



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

9 28.04.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института
Теплоэнергетики

_____ Н.Д. Чичирова

« 27 » 10 _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Оптимизация режимов работы ТЭС

Направление 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
подготовки

Направленность(и) (профиль(и)) Технология производства электрической и
тепловой энергии

Квалификация магистр

Казань, 2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146)

Программу разработал(и):

доцент, к.т.н. _____ Абасев Ю.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Тепловые электрические станции, протокол № 2- 2020/21 от 17.09.2020 г.

Зав. кафедрой _____ Чичирова Н.Д.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры Тепловые электрические станции, протокол № 2- 2020/21 от 17.09.2020 г.

Зав. кафедрой _____ Чичирова Н.Д.

Программа одобрена на заседании методического совета института Теплоэнергетики, протокол №07/20 от 27.10.2020

Зам. директора института Теплоэнергетики _____ Власов С.М.

Программа принята решением Ученого совета института Теплоэнергетики протокол №07/20 от 27.10.2020

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Оптимизация режимов работы ТЭС» является изучение современного состояния и подходов по определению оптимальных режимов работы теплоэнергетического оборудования ТЭС.

Задачи освоения дисциплины: получение знаний, формирование умений и навыков, позволяющие успешно пройти итоговую государственную аттестацию

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
ПК-2 Способен собирать научно-техническую информацию, проводить технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проектных решений для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	ПК-2.1 Собирает и анализирует научно-техническую информацию по технологиям производства электрической и тепловой энергии	<i>Знать:</i> знает виды нагрузок энергосистемы (электрических и тепловых), методы их регулирования, характеристики активных и реактивных нагрузок, а также особенности формирования баланса мощности и энергии в энергокомпаниях <i>Уметь:</i> умеет собирать и систематизировать данные о суточных графиках нагрузок, резервах мощности, эксплуатационных свойствах оборудования и энергетических характеристиках станций разных типов <i>Владеть:</i> владеет методами анализа графиков нагрузок (в т.ч. построения графиков по продолжительности), оценки надёжности энергоснабжения и выявления причин небаланса мощности на основе научно технической информации
ПК-2 Способен собирать научно-техническую информацию, проводить технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проектных решений для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	ПК-2.2 Проводит технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проектных решений	<i>Знать:</i> знает технико экономические показатели энергетического оборудования (абсолютные, удельные и частичные удельные показатели экономичности), принципы расчёта КПД, балансов мощности брутто и нетто, а также критерии выбора экономичных режимов работы электростанций <i>Уметь:</i> умеет рассчитывать коэффициенты неравномерности нагрузок, резервы мощности, энергетические характеристики оборудования, оценивать точность показателей экономичности и проводить сравнение вариантов проектных решений по затратам и эффективности <i>Владеть:</i> владеет методиками технико экономического анализа (включая расчёт удельных расходов топлива, потерь переменного режима, оценки эффективности межсистемных линий электропередачи) и инструментами сравнения вариантов по критериям стоимости и надёжности
ПК-2 Способен собирать научно-техническую	ПК-2.3 Применяет цифровые технологии	<i>Знать:</i> знает программные средства (Mathcad, Water Steam

информацию, проводить технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проектных решений для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	при проектировании теплоэнергетических систем	Pro, компьютерные тренажеры энергоблоков) и методики расчёта параметров пара и показателей тепловой экономичности турбоустановок. <i>Уметь:</i> умеет рассчитывать параметры пара и показатели тепловой экономичности турбоустановок в Mathcad и Water Steam Pro, анализировать влияние режимных параметров на работу оборудования. <i>Владеть:</i> владеет навыками моделирования тепловых схем турбоустановок в Mathcad, расчёта термодинамических параметров в Water Steam Pro и оценки тепловой экономичности с использованием компьютерного тренажера энергоблока.
ПК-3 Способен интерпретировать и представлять результаты научных исследований в области технологий производства электрической и тепловой энергии в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях	ПК-3.2 Представляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области технологий производства электрической и тепловой энергии	<i>Знать:</i> знает форматы и требования к представлению результатов исследований в энергетике (графики, таблицы, формулы, диаграммы режимов работы), а также стандарты описания энергетических характеристик оборудования и станций <i>Уметь:</i> умеет оформлять и интерпретировать результаты расчётов (в т.ч. графиков нагрузок, энергетических характеристик, показателей экономичности), формулировать выводы по оптимизации режимов работы и составу генерирующего оборудования, а также аргументировать выбор проектных решений <i>Владеть:</i> владеет навыками наглядного представления данных (построение графиков суточных нагрузок, характеристик относительных приростов, энергетических характеристик агрегатов), подготовки отчётов и презентаций по результатам исследований, включая обоснование экономической и технической эффективности предложенных решений

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Оптимизация режимов работы ТЭС относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
ПК-2	Контроль результатов внедрения разработок на ТЭС	Производственная практика (научно-исследовательская работа 2) Технико-экономическое обоснование выбора параметров на ТЭС и внедрения нового оборудования Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы Производственная практика (преддипломная практика)
ПК-3	Контроль результатов внедрения	Производственная практика (научно-исследовательская работа 2)

	разработок на ТЭС	Технико-экономическое обоснование выбора параметров на ТЭС и внедрения нового оборудования Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы Производственная практика (преддипломная практика)
--	-------------------	--

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

- уметь планировать и ставить задачи исследования;
- знать технологии производства электрической и тепловой энергии; графики электрической и тепловой нагрузок электростанции; режимы работы основного оборудования ТЭС; стандартные методики поверочного расчёта принципиальной тепловой схемы паротурбинной установки при номинальных и частичных нагрузках.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 216 часов, из которых 53 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 16 час., занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия, лабораторные работы и т.п.) 32 час., групповые и индивидуальные консультации 2 час., прием экзамена (КПА), зачета с оценкой - 1 час., самостоятельная работа обучающегося 128 час, контроль самостоятельной работы (КСР) - 2 час.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		2
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	216	216
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	53	53
Лекционные занятия (Лек)	16	16
Практические занятия (Пр)	32	32
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	2	2
Консультации (Конс)	2	2
Контактные часы во время аттестации (КПА)	1	1
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	128	128
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (экзамен)	35	35
ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	Эк	Эк

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС							Формируемые результаты обучения (знания, умения, навыки)	Литература	Формы текущего контроля успеваемости	Формы промежуточной аттестации	Максимальное количество баллов по балльно - рейтинговой системе
		Занятия лекционного типа	Занятия практического / семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Самостоятельная работа студента, в т.ч.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	подготовка к промежуточной аттестации					
Раздел 1. Режимы и баланс в электроэнергетических системах													
1. Нагрузка электроэнергетической системы	2	2			6				8	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-3.2	Л.1, Л.2, Л.6	Сбс	
2. Формирование баланса энергии и мощности в энергетической компании	2	2			6				8	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-3.2	Л.2	Сбс	18
Раздел 2. Свойства и показатели энергетического оборудования													
3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ	2	2			6				8	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-3.2	Л.1, Л.5	Сбс	
4. Техничко-экономические показатели энергетического оборудования	2	2			6				8	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-3.2	Л.1, Л.5	Сбс	
5. Энергетические характеристики	2	2	32		80				114	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.2	Л.1, Л.5, Л.6	Сбс	
24													

Раздел 3. Оптимизация работы энергосистем														
6. Оптимизация режима совместной работы электростанций в энергосистемах разной структуры	2	2				6				8	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-3.2	Л.5	Сбс	
7. Оптимизация распределения нагрузки энергетике	2	2				9				11	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-3.2	Л.5	Сбс	18
8. Выбор оптимального состава генерирующего оборудования	2	2				9	2			13	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-3.2	Л.5	Сбс	
Раздел 4. консультации														
9. консультации	2				2					2	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.2			
Раздел 5. промежуточная аттестация														
10. промежуточная аттестация	2							35	1	36	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.2		Экз	40
ИТОГО		16	32		2	128	2	35	1	216				100

3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер раздела дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Нагрузки (электрических, тепловых), их графики, методы регулирования и формирования баланса мощности/энергии с учётом надёжности.	4
2	Эксплуатационные свойства, категории мощности, манёвренность, энергетические и технико-экономические характеристики агрегатов и станций разных типов.	6
3	Методы выбора экономичных режимов, распределения нагрузок и оптимизации состава генерирующего оборудования, включая учёт стоимости топлива, ограниченности ресурсов и различных эксплуатационных режимов.	6
	Всего	16

3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
2	Определение параметров пара в элементах тепловой схемы турбоустановки на ЭВМ.	4
2	Расчет сетевой подогревательной установки теплофикационной турбоустановки Т-110-130	4

2	Расчет режимов работы турбины по характеристикам отсеков турбины.	4
2	Определение показателей тепловой экономичности турбоустановки	4
2	Расчет показателей макета 15506-1 (порядок подготовки отчета о тепловой экономичности оборудования электростанций, работающих на органической топливе, районных котельных, акционерных обществ энергетики и электрификации)	16
Всего		32

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

3.6. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	Самостоятельное изучение вопросов.	Графики тепловой нагрузки и факторы ее определяющие. Методы регулирования графиков нагрузок.	12
2	Самостоятельное изучение вопросов.	Показатели экономичности групп совместно работающего оборудования. Точность и достоверность оценки экономических показателей	12
2	Самостоятельное изучение вопросов.	Расчет тепловых схем ТЭС. Расчет показателей макета 15506-1	80
3	Самостоятельное изучение вопросов.	Экономические вопросы эксплуатации электрических сетей. Экономика эксплуатации межсистемных линий электропередачи. Оптимальное распределение нагрузок методом «полностью открытых клапанов» и динамического программирования. Оптимизация последовательности нагружения и разгружения оборудования. Оптимальное управление режимами работы оборудования ТЭС с ПГУ	24
Всего			128

4. Образовательные технологии

При проведении учебных занятий используются традиционные образовательные технологии: лекции в сочетании с практическими занятиями, самостоятельное изучение определённых разделов, и современные образовательные технологии, направленные на обеспечение развития у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств: групповые дискуссии, деловые игры, анализ ситуаций и имитационных моделей, работа в команде, обучение на основе опыта.

Применяются дистанционные курсы, размещенные на площадке LMS Moodle URL: <https://lms2.kgeu.ru/course/view.php?id=1176>

5. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Планируемые результаты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов
Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач

Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий
--	--------	---------------	---------	---------

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-2	ПК-2.1	Знать				
		<p>знает виды нагрузок энергосистемы (электрических и тепловых), методы их регулирования, характеристики активных и реактивных нагрузок, а также особенности формирования баланса мощности энергии в энергокомпаниях</p> <p>свободно ориентируется во всех видах нагрузок энергосистемы, методах их регулирования, характеристиках активных и реактивных нагрузок, особенностях формирования баланса мощности и энергии, включая нюансы региональных энергосистем</p> <p>знает основные виды нагрузок и методы регулирования, понимает принципы формирования баланса мощности, но допускает небольшие неточности в деталях.</p> <p>имеет общее представление о видах нагрузок и балансе мощности, но испытывает затруднения с характеристиками реактивных нагрузок и нюансами регулирования.</p> <p>слабо ориентируется в видах нагрузок энергосистемы и принципах формирования баланса мощности и энергии.</p>				
		Уметь				

		<p>умеет собирать и систематизировать данные о суточных графиках нагрузок, резервах мощности, эксплуатационных свойствах оборудования и энергетических характеристиках станций разных типов</p>	<p>уверенно собирает и систематизирует данные о суточных графиках нагрузок, резервах мощности, эксплуатационных свойствах оборудования и энергетических характеристиках станций разных типов, выявляет закономерности и аномалии</p>	<p>умеет собирать и систематизировать данные, но иногда нуждается в уточнении исходных параметров или помощи при выявлении сложных взаимосвязей</p>	<p>выполняет сбор и систематизацию данных с ошибками или неполнотой, затрудняется с анализом характеристик станций разных типов.</p>	<p>испытывает серьезные затруднения при сборе и систематизации данных, допускает грубые ошибки в интерпретации информации</p>
Владеть						

		владеет методами анализа графиков нагрузок (в т.ч. построения графиков по продолжительности), оценки надёжности энергоснабжения и выявления причин небаланса мощности на основе научно-технической информации	Свободно владеет методами анализа графиков нагрузок, включая построение графиков по продолжительности, точно оценивает надёжность энергоснабжения и выявляет причины небаланса мощности	владеет основными методами анализа, строит графики нагрузок и оценивает надёжность, но может допускать небольшие погрешности в выявлении причин небаланса.	владеет базовыми методами анализа графиков, но строит их с ошибками, испытывает трудности комплексной оценкой надёжности причин небаланса	слабо владеет методами анализа, не может корректно построить график нагрузок или оценить надёжность энергоснабжения
		Знать				
ПК-2.2		знает технико-экономические показатели энергетического оборудования (абсолютные, удельные и частичные удельные показатели экономичности), принципы расчёта КПД, балансов мощности брутто и нетто, а также критерии выбора экономичных режимов работы электростанций	знает все технико-экономические показатели энергетического оборудования, принципы расчёта КПД и балансов мощности, свободно оперирует критериями выбора экономичных режимов работы электростанций	знает основные показатели и принципы расчёта, понимает критерии выбора экономичных режимов, но может затрудняться с нюансами частичных удельных показателей	имеет общее представление о технико-экономических показателях и принципах расчёта КПД, но допускает ошибки в трактовке балансов мощности и критериев экономичности	слабо ориентируется в технико-экономических показателях, не понимает принципов расчёта КПД и критериев выбора экономичных режимов.

		Уметь				
		<p>умеет рассчитывать коэффициенты неравномерности нагрузок, резервы мощности, энергетические характеристики оборудования, оценивать точность показателей экономичности и проводить сравнение вариантов проектных решений по затратам и эффективности</p>	<p>уверенно рассчитывает коэффициенты неравномерности нагрузок, резервы мощности, энергетические характеристики оборудования, точно оценивает показатели экономичности и сравнивает варианты проектных решений</p>	<p>умеет выполнять расчёты, иногда допускает небольшие ошибки и нуждается в уточнении исходных данных для сравнения вариантов</p>	<p>выполняет базовые расчёты с ошибками, затрудняется оценивать точность показателей экономичности и сравнивать варианты решений.</p>	<p>не может корректно рассчитать коэффициенты неравномерности, резервы мощности или энергетические характеристики, допускает грубые ошибки</p>

	Владеть				
	владеет методиками технико экономического анализа (включая расчёт удельных расходов топлива, потерь переменного режима, оценки эффективности межсистемных линий электропередачи) и инструментами сравнения вариантов критериям стоимости надёжности	Свободно владеет методиками технико экономического анализа, включая расчёт удельных расходов топлива и потерь переменного режима, уверенно сравнивает варианты по критериям стоимости и надёжности	владеет основными методиками, выполняет расчёты и сравнения, но может испытывать затруднения с оценкой эффективности межсистемных линий электропередач и	владеет отдельными методиками анализа, выполняет упрощённые расчёты, но допускает ошибки при оценке потерь и сравнении вариантов	слабо владеет методиками анализа, не может выполнить расчёт удельных расходов топлива или сравнить варианты по стоимости и надёжности
	Знать				
ПК 2.3	знает программные средства (Mathcad, Water Steam Pro, компьютерные тренажёры энергоблоков) и методики расчёта параметров пара и показателей тепловой экономичности турбоустановок.	владеет информацией о программных средствах (Mathcad, Water Steam Pro, компьютерные тренажёры энергоблоков), знает методики расчёта параметров пара и показателей тепловой экономичности турбоустановок в полном объёме	знает основные программные средства и методики расчёта, но может не учитывать некоторые нюансы применения в специфических условиях	имеет общее представление о программных средствах и методиках расчёта, но затрудняется с выбором подходящего инструмента для конкретной задачи	слабо ориентируется в программных средствах и методиках расчёта параметров пара и тепловой экономичности
	Уметь				
	умеет рассчитывать параметры пара и показатели тепловой экономичности турбоустановок в Mathcad и Water Steam Pro, анализировать влияние режимных параметров на	уверенно рассчитывает параметры пара и показатели тепловой экономичности в Mathcad и Water Steam Pro, глубоко анализирует влияние режимных параметров на	умеет выполнять расчёты программных средах, анализирует влияние параметров, но может допускать небольшие	выполняет базовые расчёты ошибками, затрудняется анализировать комплексное влияние режимных параметров	не может корректно выполнить расчёт параметров пара или оценить тепловую экономичность в программных средах

		работу оборудования	работу оборудования.	ошибки или нуждаться в уточнении условий задачи			
Владеть							
		владеет навыками моделирования тепловых схем турбоустановок в Mathcad, расчёта термодинамических параметров в Water Steam Pro и оценки тепловой экономичности с использованием компьютерного тренажёра энергоблока	моделирует тепловые схемы турбоустановок в Mathcad, рассчитывает термодинамические параметры в Water Steam Pro и оценивает тепловую экономичность с использованием компьютерного тренажёра энергоблока	уверенно моделирует схемы и выполняет расчёты, но может испытывать трудности с оптимизацией сложных тепловых схем	владеет навыками моделирования на базовом уровне, выполняет упрощённые расчёты, допускает ошибки при оценке тепловой экономичности	слабо владеет навыками работы с программными средствами, не может построить модель тепловой схемы или выполнить корректный расчёт	
ПК-3	ПК-	Знать					
	3.2	знает форматы и требования представлению результатов исследований энергетике (графики, таблицы, формулы, диаграммы режимов работы), а также стандарты описания энергетических характеристик оборудования и станций	отлично знает форматы и требования представлению результатов исследований, стандарты описания энергетических характеристик, включая отраслевые и международные нормы	знает основные форматы представления результатов и стандарты описания характеристик, но может не учитывать отдельные и специфические требования	имеет общее представление о форматах представления данных, но допускает ошибки в соблюдении стандартов описания характеристик	слабо ориентируется в форматах представления результатов исследований и стандартах описания энергетических характеристик.	
Уметь							

	<p>умеет оформлять и интерпретировать результаты расчётов (в т.ч. графиков нагрузок, энергетических характеристик, показателей экономичности), формулировать выводы по оптимизации режимов работы и составу генерирующего оборудования, а также аргументировать выбор проектных решений</p>	<p>уверенно оформляет и интерпретирует результаты расчётов, формулирует чёткие выводы по оптимизации режимов работы и составу оборудования, аргументированно обосновывает выбор проектных решений</p>	<p>умеет оформлять результаты и делать выводы, но иногда нуждается в уточнении критериев оптимизации или помощи при аргументации выбора решений</p>	<p>выполняет оформление результатов с ошибками, формулирует неполные или неточные выводы, затрудняется аргументировать выбор решений</p>	<p>не может корректно оформить результаты расчётов или сформулировать выводы по оптимизации режимов и составу оборудования</p>
Владеть					
	<p>владеет навыками наглядного представления данных (построение графиков суточных нагрузок, характеристик относительных приростов, энергетических характеристик агрегатов), подготовки отчётов и презентаций по результатам исследований, включая обоснование экономической и технической эффективности предложенных решений</p>	<p>Свободно строит графики и диаграммы, готовит подробные отчёты и презентации, убедительно обосновывает экономическую и техническую эффективность решений</p>	<p>уверенно строит графики, готовит отчёты и презентации, но может допускать небольшие недочёты в визуализации обоснования эффективности</p>	<p>владеет навыками построения базовых графиков и подготовки упрощённых отчётов, но допускает ошибки в визуализации данных или обосновании решений.</p>	<p>слабо владеет навыками наглядного представления данных, не может подготовить корректный отчёт или презентацию по результатам исследований</p>

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины. Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Гиршфельд В. Я., Князев А. М., Куликов В. Е.	Режимы работы и эксплуатация ТЭС	учебное пособие для вузов	М.: Энергия	1980		89
2	Дьяков А. Д., Максимов Б. Ф., Молодюк В. В.	Рынок электрической энергии в России: состояние и проблемы развития	учебное пособие	М.: МЭИ	2000		9
5	Андрющенко А. И., Аминов Р. З.	Оптимизация режимов работы и параметров тепловых электростанций	учебное пособие для вузов	М.: Высш. шк.	1983		12

Дополнительная литература

6	Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин	Тепловые и атомные электрические станции	учебник	М.: МЭИ	2004		10

6.2. Информационное обеспечение

6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Вычислительная система Mathcad	http://ru.ptc.com/product/mathcad
2	Компьютерная программа WaterSteamPro	http://www.wsp.ru/ru/documentation/wsp/5.6/usemath.htm
3	ЛМС КГЭУ	https://lms2.kgeu.ru/course/view.php?id=1176

4	раздел сайта НП Совет рынка "Регулирование рынка"	https://www.np-sr.ru/ru/regulation/joining/reglaments/index.htm
5	раздел сайта АО "СО ЕЭС" "Регламентирующие документы"	https://so-ups.ru/index.php?id=markets_regulations

6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	http://elibrary.ru
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	https://rusneb.ru/	https://rusneb.ru/

6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	«Гарант»	http://www.garant.ru/	http://www.garant.ru/
2	«Консультант плюс»	http://www.consultant.ru/	http://www.consultant.ru/
3	ИСС «Кодекс» / «Техэксперт»	http://app.kgeu.local/Home/Apps	http://app.kgeu.local/Home/Apps

6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
4	Office Professional Plus 2007 Windows32 Russian DiskKit MVL CD	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №225/10 от 28.01.2010 Неискл. право. Бессрочно
5	"ИРБИС 64 (модульная поставка): АРМ "Читатель", АРМ "Книговыдача"	Система автоматизации библиотек, отвечающая всем международным требованиям, предъявляемым к современным библиотечным системам	ГУ здравоохранения "Республиканский медицинский библиотечно-информационный центр" №61/2008 от 17.06.2008 Неискл. право. Бессрочно
6	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
1	Лек	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	38 посадочных мест, доска аудиторная. проектор, моноблок (13 шт). камера IP, микрофон, подключение к сети "Интернет", доступ в электронную информационно-образовательную среду
2	Пр	Учебная аудитория для проведения практических занятий	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: телевизор (4 шт.), компьютер в комплекте с монитором (10 шт.), компьютерный тренажерно-аналитический комплекс энергоблока 300 МВт,
3	СР	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС.

8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с

ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www/kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

Лист регистрации изменений

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины на 20__ /20__
учебный год

В программу вносятся следующие изменения:

1. _____
2. _____
3. _____

*Указываются номера страниц, на которых
внесены изменения,
и кратко дается характеристика этих
изменений*

Программа одобрена на заседании кафедры –разработчика «__» _____ 20__ г.,
протокол № _____

Зав. кафедрой _____ Чичирова Н.Д.

Программа одобрена методическим советом института _____
«__» _____ 20__ г., протокол № _____

Зам. директора по УМР _____ / _____ /

Подпись, дата

Согласовано:

Руководитель ОПОП _____ / _____ /

Подпись, дата

Структура дисциплины для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		2
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	216	216
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	23	23
Лекционные занятия (Лек)	6	6
Практические занятия (Пр)	12	12
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	4	4
Контактные часы во время аттестации (КПА)	1	1
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	185	185
Часы на контроль	8	8
ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	Эк	Эк

*Приложение к рабочей программе
дисциплины*



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института Теплоэнергетики

_____ Чичирова Н.Д.

«__» _____ 2020 г.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Оптимизация режимов работы ТЭС

Направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность(и) (профиль(и)) 13.04.01 Технология производства электрической и тепловой энергии

Квалификация

магистр

Оценочные материалы по дисциплине «Оптимизация режимов работы ТЭС» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенции(й):

ПК-2 Способен собирать научно-техническую информацию, проводить технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проектных решений для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования

ПК-3 Способен интерпретировать и представлять результаты научных исследований в области технологий производства электрической и тепловой энергии в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине. При текущем контроле успеваемости используются следующие оценочные средства: задания практических занятий .

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 2 семестр. Форма промежуточной аттестации экзамен.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

1. Технологическая карта

Семестр 2

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы				
				неудов-но	удов-но	хорошо	отлично	
				не зачтено	зачтено			
				низкий	ниже среднего	средний	высокий	
Текущий контроль успеваемости								
1	Изучение теоретического материала, подготовка к собеседованию	Сбс	ПК-2 ПК-3	менее 10	10-12	12-15	15-18	
2	Изучение теоретического материала, подготовка к собеседованию	Сбс	ПК-2 ПК-3	менее 15	15-17	17-20	20-24	
3	Изучение теоретического материала, подготовка к собеседованию	Сбс	ПК-2 ПК-3	менее 10	10-12	12-15	15-18	
Всего баллов				менее 35	35-44	44-54	54-60	

Промежуточная аттестация	Экзамен	ПК-2 ПК-3	0 - 54	55-69	70-84	85-100
--------------------------	---------	--------------	--------	-------	-------	--------

2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Оценочные материалы
Экзамен (Эк)	Экзамен проводится по теоретическому материалу второго семестра	Экзаменационные билеты
Сбс	Проведение собеседования по теоретическому материалу	Вопросы к собеседованию

3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	Собеседование
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Вопросы на собеседовании</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислите виды нагрузок электроэнергетической системы. 2. Суточный график нагрузки энергосистемы и его производные. 3. Состав и характеристика активных электрических нагрузок энергосистемы. 4. Перечислите источники реактивной мощности в энергосистеме. 5. Состав и характеристика тепловых нагрузок энергосистемы. 6. Методы регулирования графиков электрических и тепловых нагрузок. 7. Характеристика технологических и режимных особенностей энергетики. 8. Надежность энергоснабжения и пути ее обеспечения в оперативном управлении. 9. Баланс мощности и резервы мощности в энергетике. 10. Причины возникновения небаланса мощности и энергии. 11. Особенности энергетических предприятий по обеспечению баланса мощности и энергии, надежности и качества электроснабжения. 12. Показатели эффективности оперативного управления энергооборудованием. 13. Эксплуатационные свойства, классификация и общая характеристика энергетического оборудования. 14. Категории мощности и факторы ее определяющие. 15. Маневренность оборудования. 16. Эксплуатационные свойства энергетического оборудования. 17. Эксплуатационные свойства электрических станций и сетей. 18. Что характеризует баланс мощности брутто и нетто? 19. Определение и способы получения энергетических характеристик оборудования. 20. Определение, назначение и графическая интерпретация удельных показателей экономичности работы оборудования. 21. Определение, назначение и графическая интерпретация частичных показателей экономичности работы оборудования. 22. Принципы расчета показателей экономичности групп совместно работающего оборудования. 23. Как можно оценить точность получения показателей экономичности работы

оборудования?

24. Виды энергетических характеристик котлоагрегатов, турбоагрегатов, гидроагрегатов, ядерного реактора и электрического оборудования.
25. Последовательность построения энергетической характеристики группы параллельно работающего оборудования.
26. Назначение и методы получения энергетических характеристик электрических станций.
27. Потери переменного режима – причины появления и влияние на режим совместной работы энергооборудования.
28. Перечислите критерии эффективности выбора экономичного режима работы электростанций в системе.
29. Последовательность выбора экономичного режима работы оборудования.
30. Выбор экономичного режима совместной работы КЭС.
31. Выбор экономичного режима совместной работы электростанций при различной стоимости топлива.
32. Выбор экономичного режима совместной работы электростанций при наличии ограничений по расходу топлива.
33. Выбор экономичного режима совместной работы конденсационных и гидравлических электростанций в энергосистемах.
34. Экономические вопросы эксплуатации электрических сетей.
35. Случаи применения межсистемных линий электропередач.
36. Какие две взаимосвязанные части включает задача оптимизации режима работы электростанции?
37. Какой критерий оптимальности используется, если в энергосистеме используется одинаковый вид топлива и потерями мощности в линиях электропередачи можно пренебречь? Приведите соответствующую формулу и поясните входящие в неё обозначения.
38. В каком случае возникает необходимость распределения не только активной, но и реактивной нагрузок? Как при этом меняется критерий оптимальности?
39. Какие два вида ограничений вводятся в постановку задачи оптимизации распределения нагрузок? Кратко охарактеризуйте каждый.
40. В чём состоит общая постановка задачи оптимального распределения активной и реактивной нагрузок между агрегатами ТЭС? Что требуется минимизировать и какие ограничения учитываются?
41. Почему задача оптимизации распределения нагрузок относится к задачам нелинейного программирования? Какие методы можно использовать для её решения при аналитическом задании функций?
42. В чём заключается суть метода неопределённых множителей Лагранжа применительно к задаче оптимизации нагрузок? Какие дополнительные шаги предполагает метод Валентайна?
43. Почему в реальных условиях эксплуатации целесообразно получать не одно, а множество решений, близких по критериям оптимизации? Кто принимает окончательное решение и на каком основании?
44. Для чего применяется декомпозиция общей задачи оптимизации? Какие преимущества она даёт при расчётах на ЭВМ?
45. Сформулируйте принцип равенства относительных приростов для оптимального распределения активной нагрузки между блоками. Каков его физический смысл? Приведите математическую запись этого принципа.
46. Как графически реализуется принцип равенства относительных приростов? Опишите процедуру построения характеристики относительных приростов станции по характеристикам отдельных блоков.
47. Какой критерий оптимизации обычно используют при распределении реактивной нагрузки между турбоагрегатами ТЭС? Почему он предпочтительнее расхода топлива?
48. Опишите алгоритм решения задачи оптимального распределения реактивной нагрузки станции между генераторами. Что делать, если рассчитанная

- нагрузка генератора превышает максимально допустимую?
49. В чём особенность оптимизации распределения нагрузки на ТЭС со сложной тепловой схемой? Перечислите возможные варианты подвода пара к турбине низкого давления и объясните, как выбирается оптимальный вариант.
 50. В каких случаях для решения задачи распределения нагрузок применяют численные методы (например, метод «полностью открытых клапанов» и метод динамического программирования Р. Беллмана)? Сравните эффективность этих методов на примере распределения нагрузки между шестью конденсационными блоками с турбинами К-200-130
 51. Какие факторы обуславливают необходимость внутростанционной оптимизации пиковых и полупиковых режимов работы ТЭС?
 52. На каких уровнях системы управления принимаются решения по составу генерирующего оборудования и его нагрузкам? В чём разница между этими уровнями?
 53. В какие периоды (на каких участках графика нагрузки) ставится вопрос об оптимальном составе оборудования и оптимальном распределении нагрузки? Почему?
 54. Перечислите основные способы снижения нагрузки на электростанциях. Кратко охарактеризуйте каждый из них.
 55. Почему выбор оптимального состава оборудования считается трудной задачей целочисленного программирования? Приведите пример, иллюстрирующий высокую размерность задачи.
 56. Какой критерий оптимальности выбора режимов и состава оборудования принимается в качестве основного? Обоснуйте ответ.
 57. Каковы основные преимущества режима частичной разгрузки блоков на электростанциях? Из каких составляющих складываются потери топлива в этом режиме?
 58. Что представляет собой остановочно-пусковой режим (ОПР)? Назовите его основные преимущества и недостатки.
 59. От чего зависят потери топлива в остановочно-пусковых режимах? Перечислите составляющие этих потерь и кратко опишите методы их определения.
 60. Сформулируйте приближённый критерий целесообразности останова агрегата. Как он связан с удельным расходом и относительным приростом топлива?
 61. В чём особенность режима глубокой разгрузки турбин? Каковы причины потерь топлива в этом режиме, и как они рассчитываются для разных типов станций?
 62. Что такое моторный режим работы турбоагрегата? Охарактеризуйте его достоинства и опишите, из чего складываются затраты топлива в этом режиме.
 63. В чём суть режима горячего вращающегося резерва (ГВР)? Из каких затрат складываются общие расходы в этом режиме и как определяются потери топлива на этапах разгрузки и нагружения?
 64. Как проводится экономическая оценка варианта вывода оборудования ТЭС в резерв? Какие факторы учитываются при сравнении альтернативных вариантов? Опишите два способа учёта факторов надёжности и готовности оборудования.
 65. В чём состоит задача оптимизации последовательности нагружения и разгрузки оборудования? Какие подходы применяются к выбору начала набора нагрузки, и какой из них считается более целесообразным? Обоснуйте свой ответ.

Критерии оценки и шкала оценивания в баллах

Собеседование во 2-м семестре: по сумме баллов высокий уровень 54-60 баллов, средний уровень 44-54 баллов, ниже среднего 35-44 балла, низкий – менее 35 баллов

4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Наименование оценочного средства	Экзамен
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Экзамен проводится по билетам, содержащим по 2 вопроса по темам дисциплины и задача. Всего 20 вариантов билетов.</p> <p>Пример экзаменационного билета:</p> <p>Билет № 1.</p> <p>Вопрос 1: Перечислите виды нагрузок электроэнергетической системы.</p> <p>Вопрос 2: Выбор экономичного режима совместной работы КЭС.</p> <p>Вопрос 3: Расскажите, что позволяют определить функции wspHPT, wspSPT, wspHPS программы Water Steam Pro.</p>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p>Полный и развернутый ответ на все вопросы билета без ошибок и неточностей – 39-40 баллов;</p> <p>Полный ответ на все вопросы билета с некоторыми неточностями – 36-38 баллов;</p> <p>Полный ответ на 2 вопроса из трех – 30-35 баллов;</p> <p>Ответ менее чем на 2 вопроса – менее 30 баллов;</p> <p>Максимальное количество баллов за экзамен – 40 баллов.</p>