



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

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

9 28.04.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора института Теплоэнергетики
_____ Гапоненко С.О.

«11» _10_ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование тепловых схем атомных электрических станций

Направление: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль: Цифровой инжиниринг в атомной энергетике

Квалификация Магистр

г. Казань, 2022

Рабочая программа дисциплины «Моделирование тепловых схем атомных электрических станций» разработана в соответствии с ФГОС ВО 3++ по направлению подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика (приказ Минобрнауки России от 27.03.2018 г. № 214)

Программу разработал(и):

доцент, к.т.н. _____ Абасев Ю.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры-разработчика «Атомные и тепловые электрические станции», протокол № 3-22/23 от 28.09.2022 г.

Зав. кафедрой _____ Чичирова Н.Д.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры «Атомные и тепловые электрические станции», протокол № 3-22/23 от 28.09.2022 г.

Зав. кафедрой _____ Чичирова Н.Д.

Программа одобрена на заседании методического совета института Теплоэнергетики, протокол № 2 от 11.10.2022 г.

Председатель МС ИТЭ _____ Гапоненко С.О.

Программа принята решением Ученого совета института Теплоэнергетики, протокол № 2 от 11.10.2022 г.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Моделирование тепловых схем атомных электрических станций» является формирование компетенций в области эксплуатации атомных электрических станций.

Задачами дисциплины являются сформировать представление о подходах к расчётным исследованиям тепловых схем АЭС, к созданию математических моделей для таких исследований.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
Профессиональные компетенции (ПК)		
ПК-1. Владеет методами моделирования процессов и элементов в технических системах АЭС	ПК-1.1. Владеет современными информационными цифровыми технологиями, применяемыми в процессе производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива	<i>Знать:</i> информационные и цифровые технологии, применяемые в процессе производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива <i>Уметь:</i> применять информационные и цифровые технологии, применяемые в процессе производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива
	ПК-1.3. Способен использовать пакеты прикладных программ для моделирования технологических процессов и элементов в технических системах АЭС	<i>Знать:</i> методики моделирования и расчета технологических процессов и элементов в технических системах АЭС <i>Умеет:</i> моделировать тепловые схемы АЭС <i>Владеть:</i> навыками моделирования и расчета технологических процессов и элементов в технических системах АЭС

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Моделирование тепловых схем атомных электрических станций» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, изучается на 2 курсе в 3-ем семестре.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
ПК-1	Состояние и перспективы развития атомной энергетики	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
ПК-1	Технологические схемы атомных электрических станций	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
ПК-1	Ядерные энергетические реакторы	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
ПК-1	Системы управления и защиты оборудования реакторного отделения	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
ПК-1	Системы управления и защиты паротурбинных установок атомных электрических станций	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: технологию производства тепловой и электрической энергии на атомных электрических станциях, технологические схемы атомных электрических станций.

Уметь: применять современные цифровые технологии для решения научно-технических задач.

Владеть: навыками использования современных цифровых технологий и программно-технических комплексов.

Для освоения данной дисциплины требуются, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин, базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и основные законы, методы математического анализа и моделирования.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 144 часа, из которых 81 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 34 час., занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия) 34 час., самостоятельная работа обучающегося - 40 час.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		3
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	144	144
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	81	81
Лекционные занятия (Лек)	34	34
Практические занятия (Пр)	34	34
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	40	40
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: экзамена	36	36
ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (Э – экзамен)	Э	Э

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.	подготовка к промежуточной аттестации	Сдача зачета / экзамена	Итого					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Современное состояние и тенденции развития тепловых схем паротурбинных АЭС	3	6	10			10			26	ПК-1.1	1-4	Сбс		10
2. Математическое моделирование тепловых схем АЭС	3	20	14			20			54	ПК-1.1. ПК-1.3.	1-3	КЗ		30
3. Математическое моделирование в задачах оптимизации структуры и параметров АЭС	3	8	10			10			28	ПК-1.1. ПК-1.3.	1-3	Сбс		20
Экзамен							36		36				Э	40
ИТОГО		34	34			40	36		144					100

3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер раздела	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Общая характеристика тепловых схем АЭС. Основные технические решения по тепловым схемам турбоустановок АЭС	6
2	Математическое моделирование тепловых схем. Математическое моделирование тепловых схем на основе элементов технологического оборудования. Математическая модель тепловой схемы ПТУ на основе групп элементов оборудования	20
3	Задача оптимизации АЭС. Критерии оптимальности. Основные положения оптимизации тепловых схем АЭС. Оптимизация в условиях неопределенности исходной информации. Многокритериальная оптимизация.	8
	Всего	34

3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Основные технические решения по тепловым схемам турбоустановок АЭС	10
2	Математическое моделирование тепловых схем	14
3	Математическое моделирование в задачах оптимизации структуры и параметров АЭС	10
Всего		34

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 отдельных вопросов	Важнейшие функциональные свойства АЭС. Конструкторский и поверочный расчет тепловых схем.	10
2	Самостоятельное изучение отдельных вопросов	Применение теории графов. Математическая модель системы регенеративного подогрева питательной воды. Разработка математической модели тепловой схемы	20
3	Самостоятельное изучение отдельных вопросов	Особенности ТЭС и АЭС как сложных систем. Критерии обоснования проектных решений. Учет факторов надежности, безопасности и экологического воздействия. Техничко-экономические особенности использования ядерного топлива.	10
Всего			40

4. Образовательные технологии

При проведении учебных занятий используются традиционные образовательные технологии: лекции в сочетании с практическими работами, 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, анализ ситуаций и имитационных моделей, работа в команде, преподавание дисциплины на основе результатов научных исследований с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей.

5. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего кон-

троля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, включает: устный опрос.

По окончании изучения дисциплины ставится экзамен, учитывая результаты текущего и промежуточного контроля.

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	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы 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-1	ПК-1.1	<i>Знать:</i>				
		информационные и цифровые технологии, применяемые в процессе производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива	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
		<i>Уметь:</i>				
		применять информационные и цифровые технологии, применяемые в процессе производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выпол-

			некоторые недочетами	снены все задания в полном объеме	
ПК-1.3.	<i>Знать:</i>				
	методики моделирования и расчета технологических процессов и элементов в технических системах АЭС	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
	<i>Умеет:</i>				
	Моделировать тепловые схемы АЭС	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными существенными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
	<i>Владеть:</i>				
навыками моделирования и расчета технологических процессов и элементов в технических системах АЭС	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины. Комплект 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

№	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
---	----------	--------------	---	-----------------------------	-------------	----------------------------	--------------------------------------

1	Зорин В.М.	Атомные электростанции	учеб. пособие	Издательский дом МЭИ	2017	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011782.htm 1 Режим доступа: по подписке	
2	Стерман, Л. С.	Тепловые и атомные электрические станции	учебник для вузов	Москва: МЭИ, 2020.	2020	ЭБС «Консультант студента» : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014196.htm 1. Режим доступа: по подписке.	

Дополнительная литература

№	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, Издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
3	Рубинштейн Я.М., Щепетильников М. И.	Исследование реальных тепловых схем ТЭС и АЭС	производственно-практическое издание	М.: Энергоиздат	1982		7
4	Тевлин С. А.	Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000	учебное пособие для вузов	Москва: МЭИ, 2020. - ISBN 978-5-383-01413-4. - Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»	2020	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014134.htm (дата обращения: 31.05.2021). - Режим доступа: по подписке.	

6.2. Информационное обеспечение

6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
-------	--	--------

1	Электронно-библиотечная система "Лань"	https://e.lanbook.com/
2	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru
3	Российская государственная библиотека	http://www.rsl.ru
4	Журнал «Росэнергоатом»	https://www.rosenergoatom.ru/

6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	По авторизации
2	Техническая библиотека	http://techlibrary.ru	Свободный
4	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	diss.rsl.ru	По авторизации

6.2.3. Информационно-справочные системы

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

6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	№2011.25486 от 28.11.2011
2	Adobe Acrobat	Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Беспечно
3	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет (включая русскоязычный интернет).	https://www.google.com/intl/ru/chrome/
4	LMS Moodle	Это современное программное обеспечение	https://download.moodle.org/releases/latest/

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 занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и	38 посадочных мест, доска аудиторная, проектор, переносной экран, моноблок (7 шт.), 5

		индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	компьютеров с монитором
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	30 посадочных мест, моноблок (6 шт.), проектор, доска интерактивная), доска аудиторная, лабораторный стенд МЗТА (8 шт.), учебный макет Нижнекамской ТЭЦ
3	Самостоятельная работа	Читальный зал библиотеки.	88 посадочных мест, проектор, переносной экран, 2 телевизора, 31 компьютер с монитором

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](http://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.

Объем программы для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		2
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	144	144
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	30	30
Лекционные занятия (Лек)	4	4
Практические занятия (Пр)	4	4
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	127	127
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (экзамен)	9	9

Лист регистрации изменений

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

В программу вносятся следующие изменения:

1. _____
2. _____
3. _____

Программа одобрена на заседании кафедры –разработчика протокол № _____ от
_____.20__ г.

Зав. кафедрой АТЭС _____ Чичирова Н.Д.

Программа одобрена методическим советом института Теплоэнергетики
протокол № _____ от _____ .20__ г.

Зам. директора по УМР _____

Подпись, дата



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Моделирование тепловых схем атомных электрических станций

(Наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки

14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика
(Код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль)

14.04.01 Цифровой инжиниринг в
атомной энергетике
(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

Оценочные материалы по дисциплине «Моделирование тепловых схем атомных электрических станций» – комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций:

ПК-1. Владеет методами моделирования процессов и элементов в технических системах АЭС.

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: защита лабораторных работ; защиты заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; контроль выполнения самостоятельной работы обучающихся в устной форме.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 2 курс 3 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 3

Наименование контрольного мероприятия	Рейтинговые показатели				
	I текущий контроль	II текущий контроль	III текущий контроль	Итого	Промежуточная аттестация
					Итого
Текущий контроль					
Раздел 1 Современное состояние и тенденции развития тепловых схем паротурбинных АЭС	10			10	
Собеседование (Сбс)	10			10	
Раздел 2 Математическое моделирование тепловых схем АЭС		30		30	
Кейс-задача (КЗ)		30		30	
Раздел 3 Математическое моделирование в задачах оптимизации структуры и параметров АЭС			20	20	
Собеседование (Сбс)			20	20	
Итого за 3 ТК				60	
Промежуточная аттестация					

Экзамен					40
Всего баллов					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
Кейс-задача (КЗ)	Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы	Задания для решения кейс-задачи
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины, представленные в привязке к компетенциям, предусмотренным РПД

3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Характеристика всех оценочных материалов текущего контроля успеваемости обучающихся в соответствии с технологической картой и перечнем оценочных средств по дисциплине

Наименование оценочного средства	Кейс-задача (КЗ)
Представление и содержание оценочных материалов	Требуется разработать математическую модель заданного процесса, элемента в технических системах АЭС
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах ¹	1) Разработана математическая модель заданного процесса, элемента в технических системах АЭС, произведен расчет модели с применением теории графов – 30 баллов 2) Разработана математическая модель заданного процесса, элемента в технических системах АЭС, произведен расчет модели с применением физического метода – 15 баллов. Количество баллов: максимум – 30
Наименование оценочного средства	Собеседование (Сбс)
Представление и содержание	Собеседование по темам самостоятельной работы студентов. Примеры вопросов:

¹ В соответствии с БРС, поддерживаемой преподавателем в ЭИОС

оценочных материалов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дайте определения важнейшим функциональным свойствам АЭС. Почему эти свойства являются комплексными? 2. Что такое тепловая схема АЭС - как реально существующая технологическая схема и как графический документ? Назначение принципиальной и развернутой тепловых схем? 3. Что общего и в чем различие в целях конструкторского и поверочного расчетов тепловых схем? 4. К какому виду - конструкторский или поверочный - относятся оптимизационные расчеты и почему? 5. Какие основные части включает в себя расчет тепловой схемы ПТУ? 6. Дайте определения: системного подхода, системы, окружения. 7. Что означает выделение системы как объекта исследования? Конкретизируйте ответ на примере паротурбинной установки. 8. Основные преимущества иерархического подхода к исследованию сложного технического объекта? 9. Приведите примеры использования результатов исследования системы регенерации ПТУ на более низком и более высоком иерархических уровнях исследования АЭС.
Критерии оценки и шкала оценивания	Критерии оценивания - правильность и аргументированность ответов на вопросы

4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Дается характеристика всех оценочных материалов промежуточной аттестации обучающихся в соответствии с технологической картой дисциплины

Наименование оценочного средства	Экзамен
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Оценочные материалы, вынесенные на экзамен, состоят 2 вопросов на проверку теоретических знаний, и задачи для проверки практических умений.</p> <p style="text-align: center;"><i>Примеры теоретических вопросов:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> I. Основные принципы моделирования тепловых схем: <ol style="list-style-type: none"> 1. Определение тепловой схемы АЭС. Основные элементы тепловой схемы и их назначение. 2. Цели и задачи моделирования тепловых схем АЭС. Приведите примеры конкретных задач. 3. Классификация математических моделей тепловых схем. Особенности и область применения различных типов моделей (статические, динамические, локальные, комплексные). 4. Основные этапы построения математической модели тепловой схемы АЭС. 5. Типы переменных, используемых в моделях тепловых схем. Определение входных, выходных и внутренних переменных. 6. Критерии адекватности модели. Верификация и валидация модели.

Методы оценки достоверности результатов моделирования.

7. Принципы и методы линеаризации уравнений моделей тепловых схем. Область применения линеаризованных моделей.

8. Проблемы, возникающие при моделировании сложных тепловых схем. Пути их решения.

9. Роль и место моделирования тепловых схем в процессе проектирования, эксплуатации и модернизации АЭС.

10. Какие факторы влияют на выбор программного обеспечения для моделирования тепловых схем АЭС? Приведите примеры используемого ПО.

II. Моделирование основных элементов тепловых схем АЭС:

1. Моделирование ядерного реактора. Упрощенные модели тепловыделения в активной зоне. Модели теплопереноса в твэлах и теплоносителе.

2. Моделирование парогенератора. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Моделирование процессов кипения и конденсации.

3. Моделирование турбины. Уравнения расхода и работы турбины. Моделирование ступеней турбины. Влияние параметров пара на характеристики турбины.

4. Моделирование конденсатора. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Влияние вакуума на работу конденсатора.

5. Моделирование подогревателей высокого и низкого давления. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Оптимизация параметров подогревателей.

6. Моделирование питательного насоса. Уравнения расхода и напора насоса. Характеристики насоса. Моделирование регулирования производительности насоса.

7. Моделирование сепаратора-пароперегревателя. Особенности процессов сепарации влаги и перегрева пара. Уравнения теплового баланса и гидродинамики.

8. Моделирование деаэрата. Принципы деаэрации воды. Уравнения массового и теплового баланса.

9. Моделирование трубопроводов. Уравнения гидравлического сопротивления. Расчет потерь давления в трубопроводах.

10. Моделирование арматуры (клапаны, задвижки). Характеристики арматуры. Влияние арматуры на гидравлические параметры тепловой схемы.

III. Моделирование различных типов тепловых схем АЭС:

1. Особенности моделирования тепловых схем АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР).

2. Особенности моделирования тепловых схем АЭС с реакторами на быстрых нейтронах (БН).

3. Особенности моделирования тепловых схем АЭС с кипящими реакторами (РБМК).

4. Моделирование контуров охлаждения реактора. Особенности моделирования первого и второго контуров. Аварийные режимы охлажде-

ния.

5. Моделирование систем регенеративного подогрева питательной воды. Влияние параметров регенерации на экономичность АЭС.

6. Моделирование систем регулирования тепловой схемы АЭС. Регулирование мощности реактора, температуры пара, давления в конденсаторе.

7. Моделирование тепловых схем АЭС в различных режимах работы (номинальный, частичные нагрузки, пуски, остановы).

8. Моделирование тепловых схем АЭС с учетом изменения характеристик оборудования в процессе эксплуатации.

9. Моделирование влияния внешних факторов (температура окружающей среды, изменение нагрузки в энергосистеме) на работу тепловой схемы АЭС.

10. Моделирование процессов управления и защиты тепловой схемы АЭС при нарушениях в работе оборудования.

IV. Практическое применение моделей тепловых схем АЭС:

1. Использование моделей для анализа экономических показателей работы АЭС. Определение оптимальных режимов работы.

2. Использование моделей для анализа безопасности работы АЭС. Расчет последствий аварийных ситуаций.

3. Использование моделей для разработки и оптимизации систем управления тепловой схемой АЭС.

4. Использование моделей для обучения оперативного персонала АЭС. Тренажеры для подготовки операторов.

5. Использование моделей для проведения исследований в области теплоэнергетики АЭС. Разработка новых технологий и оборудования.

6. Применение моделей для диагностики состояния оборудования АЭС. Выявление дефектов и прогнозирование остаточного ресурса.

7. Использование моделей для оптимизации режимов работы АЭС с целью повышения ее экономической эффективности и безопасности.

8. Применение методов математического моделирования для проектирования и анализа систем утилизации тепла АЭС.

9. Использование моделей для разработки алгоритмов управления при переходе на маневренные режимы работы АЭС.

10. Разработка и применение моделей для оценки влияния различных факторов на надежность и безопасность работы тепловой схемы АЭС.

V. Вопросы, требующие анализа и синтеза:

1. Сравните преимущества и недостатки статических и динамических моделей тепловых схем АЭС. В каких случаях целесообразно использовать каждый тип моделей?

2. Опишите процесс построения модели парогенератора АЭС с ВВЭР. Какие упрощения могут быть допущены и как они повлияют на точность результатов?

3. Предложите алгоритм регулирования температуры пара на выходе из парогенератора АЭС. Какие параметры следует контролировать и как они связаны между собой?

4. Оцените влияние качества вакуума в конденсаторе турбины на экономичность АЭС. Какие факторы влияют на поддержание высокого вакуума?
5. Разработайте схему системы защиты турбины от превышения частоты вращения ротора. Какие параметры следует контролировать и какие действия должны быть предприняты при превышении допустимых значений?
6. Объясните, как можно использовать моделирование тепловых схем для повышения безопасности АЭС в случае аварии, связанной с потерей теплоносителя.
7. Опишите процесс верификации и валидации модели тепловой схемы. Какие методы используются для оценки достоверности результатов моделирования?
8. Предложите способы оптимизации режимов работы системы регенеративного подогрева питательной воды с целью повышения экономичности АЭС.
9. Сравните особенности моделирования тепловых схем АЭС с реакторами различных типов (ВВЭР, БН, РБМК).
10. Оцените перспективы использования искусственного интеллекта и машинного обучения в области моделирования тепловых схем АЭС.

Типы вопросов:

- Теоретические: Проверка знания основных понятий, принципов и методов.
- Практические: Применение знаний для решения конкретных задач моделирования.
- Аналитические: Анализ и сравнение различных подходов и моделей.
- Синтетические: Разработка новых решений и алгоритмов на основе полученных знаний.

Примеры практических заданий:

1. Для заданной схемы запишите уравнения тепловых балансов для регенеративных подогревателей.
2. Найдите на представленном графе вершины, соответствующие входным и выходным переменным системы уравнений, этим графом представленной.
3. Каким образом с помощью указателей связей может быть описано место подогревателя низкого давления № 7 в заданной схеме?
4. Математическая модель подогревателя низкого давления № 5 на представленной схеме может состоять из одного уравнения, а может включать в себя несколько уравнений. Назовите причины, влияющие на состав уравнений математической модели подогревателя.
5. Запишите уравнение для расчета расхода греющего пара на подогреватель высокого давления П2 в заданной схеме.
6. Постройте граф для заданной тепловой схемы.

Критерии
оценки и шкала
оценивания

При выставлении баллов за ответы на задания в билете учитываются следующие критерии:
1. Правильность выполнения практического(их) задания(ий)

<p>в баллах</p>	<p>2. Владение методами и технологиями, запланированными в рабочей программе дисциплины</p> <p>3. Владение специальными терминами и использование их при ответе.</p> <p>4. Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы</p> <p>5. Логичность и последовательность ответа</p> <p>6. Демонстрация способности участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем</p> <p>От 11 до 15 баллов оценивается ответ, который показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа.</p> <p>От 6 до 10 баллов оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна – две неточности в ответе.</p> <p>От 1 до 5 баллов оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.</p> <p>Максимальное количество баллов за каждый ответ и за выполнение практического задания – по 15 баллов</p> <p>Максимальное количество баллов за экзамен - 40</p>
-----------------	---