



КГУ

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

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

9 28.04.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора института теплоэнергетики

С.О. Гапоненко

« 11 » октября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных
электрических станций

Направление подготовки 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»

Профиль Цифровой инжиниринг в атомной энергетике

Квалификация магистр

г. Казань, 2022

Рабочая программа дисциплины «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций» разработана в соответствии Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования 3++ по направлению подготовки 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «27» марта 2018 г. № 214 (далее – ФГОС ВО).

Программу разработал:

доцент, к.т.н _____ Ляпин А.И.

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

Зав. кафедрой _____ Н.Д. Чичирова

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

Зав. кафедрой _____ Н.Д. Чичирова

Программа одобрена на заседании методического совета Института теплоэнергетики, протокол № 2 от 11.10.2022 г.

Председатель МС Института теплоэнергетики _____ С.О.Гапоненко

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 «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций» является получение обучающимся знаний в области инженерно-физического, математического моделирования технологических процессов, оборудования АЭС и его элементов с использованием современных программно-технических комплексов 1D и 2D моделирования. Приобретение навыков применения модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования (программного обеспечения) для решения задач инженерно-технической и научно-исследовательской деятельности обучающегося. Изучение принципов и подходов создания моделей для компьютерных тренажеров-симуляторов атомной энергетики, тепловых электростанций и других отраслей промышленности.

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение принципов инженерно-физического моделирования, подходов к созданию и построению математических и цифровых моделей технологических установок и систем атомной электростанции;
- изучение принципов создания полномасштабных и аналитических тренажеров и симуляторов для обучения оперативного персонала АЭС и ТЭС, а также подходов к разработке цифровых двойников энергообъектов;
- освоение и эксплуатация программ и программных пакетов, предназначенных для решения различных инженерных задач атомной энергетики, в том числе систем автоматизированного проектирования;
- получение навыков моделирования технологических процессов и автоматизированного проектирования оборудования АЭС, в том числе теплогидравлических процессов, а также процессов, протекающих в аэро- и газодинамических системах;
- получение навыков использования программного обеспечения ГК «Росатом» для инженерно-физического моделирования процессов и элементов в технических системах АЭС;
- сформировать знания, умения и навыки, позволяющие успешно пройти государственную итоговую аттестацию.

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 (ОПК)		
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	<i>Знать:</i> , , - , <i>Уметь:</i> ,

	использованием ядерного топлива	<p>Владеть:</p> <p>Навыками работы с интерфейсом графической оболочки программно-технических комплексов</p>
ПК-1. Владеет методами моделирования процессов и элементов в технических системах АЭС	ПК-1.2 Владеет современными технологиями производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива	<p>Знать:</p> <p>Основные принципы производства тепловой и электрической энергии в технологических системах атомной и тепловой энергетики</p> <p>Уметь:</p> <p>Определять и рассчитывать параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками анализа параметров работы и характеристик оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС</p>
ПК-1. Владеет методами моделирования процессов и элементов в технических системах АЭС	ПК-1.3 Способен использовать пакеты прикладных программ для моделирования технологических процессов и элементов в технических системах АЭС	<p>Знать:</p> <p>Принципы и подходы создания цифровых инженерно-физических моделей технологических процессов и оборудования атомных электрических станций</p> <p>Уметь:</p> <p>Применять пакеты прикладных программ для создания и отладки инженерно-физических моделей и компьютерных моделей процессов и элементов технических систем АЭС</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками анализа, верификации, обработки и представления результатов моделирования процессов и элементов технических систем АЭС</p>
ПК-3 Вырабатывает направления прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию ядерно-энергетических технологий и руководит деятельностью подчиненного персонала по их выполнению	ПК-3.2 Обобщает результаты проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработки предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий	<p>Знать:</p> <p>Методологию научных исследований, основные подходы к планированию и управлению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых в области ядерно-энергетических технологий</p> <p>Уметь:</p> <p>Формулировать цели и задачи научных исследований, вырабатывать направления проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области ядерно-энергетических технологий</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками обработки и анализа результатов научно-исследовательской деятельности в области ядерно-энергетических технологий</p>

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений по направлению подготовки 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»

Кодкомпетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
К-1	CAD/CAE-	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
К-3		Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

- понимать взаимосвязь основного и вспомогательного оборудования атомных электрических станций.

- знать основные характеристики технологических процессов, параметры работы основного и вспомогательного оборудования АЭС, а также наиболее значимые критерии оценки эффективности работы атомной электростанции и ее отдельных элементов.

- понимать принципы работы и функционирования аппаратов и установок, преобразующих энергию ядерного топлива в тепловую и электрическую энергию с учетом их технологических особенностей, конструкции и применяемых материалов.

- уметь проводить физические и теплогидравлические расчеты.

- знать технологии управления производственной информацией, современные технологии проектирования, основы систем автоматизированного проектирования и принципы построения объектов моделирования в графических оболочках.

- владеть навыками работы с персональным компьютером, уметь устанавливать программное обеспечение, проводить его настройку.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 216 часов, из которых 92 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 8 час., занятия семинарского типа (практические занятия) 68 час., самостоятельная работа обучающегося 104 час.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		3	4
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	216	144	72
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	92	66	26
Лекционные занятия (Лек)	8	8	
Лабораторные занятия (Лаб)			
Практические занятия (Пр)	68	44	24
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	104	56	48
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (курсовая работа, экзамен)	36	36	36
ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	Экз. КР	Экз.	КР

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС							Итого	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						
3 семестр														
Раздел 1. Современные программно-технические комплексы модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования в области атомной энергетики														
1. Основы построения моделей теплогидравлических процессов и	3	8	44			56			144	ПК-1.1-3 1, У1, В1 ПК-1.2-3 1, У1, В1	Л1.1, Л1.2, Л1.3, Л2.1,	ПЗ КНТР	Экз	15

технологического оборудования с помощью графических оболочек систем автоматизированного проектирования и решения инженерных задач										ПК-1.3-3 1, У1, В1 ПК-3.2-3 1, У1	Л2.2, Л2.3, Л2.4, Л2.5, Л2.6			20	
														25	
Экзамен								36						40	
Итого в семестре		8	44			56		36	144					100	
4 семестр															
Раздел 2. Моделирование технологического оборудования и теплогидравлических процессов в контурах произвольной топологии															
2. Решение прикладных задач современного тренажеростроения	4		24			48				72	ПК-1.1-3 1, У1, В1 ПК-1.2-3 1, У1, В1 ПК-1.3-3 1, У1, В1 ПК-3.2-В 1	Л1.1, Л1.2, Л1.3, Л2.1, Л2.2, Л2.3, Л2.4, Л2.5, Л2.6	КР	Зачет с оценкой	20
															20
															20
Защита КР															40
Итого в семестре			24			48				72					100
Итого по дисциплине		8	68			104				36	216				100

3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер темы дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Основы систем автоматизированного проектирования, задачи и виды САПР. Классификация САПР. Интерфейс графической оболочки ПО «САПФИР». Программное обеспечение и кодогенераторы, используемые при разработке тренажеров АЭС и ТЭС.	2
1	Блочная-модульная структура теплогидравлического кода CMS в исполнительной системе USDS	2
1	Универсальная система разработки программного обеспечения USDS (Universal Software Development System)	2
1	Использование языка программирования Фортран при создании скриптов для инженерно-физических моделей объектов произвольной топологии атомной энергетики. Разработка алгоритмов управления органами регулирования, разрабатываемых цифровых моделей	2
Всего		8

3.4. Тематический план практических занятий

Номер темы дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
-----------------------	---------------------------	--------------------

1	Создание проекта в графической оболочке «САПФИР». Настройка сетевых подключений, связь проекта с расчетным модулем сервера.	2
1	Обзор базовых гидравлических блоков и принципов их соединения: узел, бак, канал. Отверстия в баке, граничное условие.	2
1	Параметры расчетного слоя теплогидравлического кода CMS. Прорисовка схемы объекта моделирования, задание свойств. Свойства и параметры блоков CMS.	2
1	Работа с технологической схемой объекта моделирования в режиме редактирования и в режиме отладки.	2
1	Создание связанного проекта (процесс интеграции задач).	2
1	Работа в режиме отладки через схему (задание положения задвижек, высотных отметок, частоты вращения насосов и т.п.) и через ISD.	2
1	Настройка параметров расчетной схемы в свойствах решателя задачи.	2
1	Работа в текстовом редакторе («черное окно») USDS, CMS.	4
1	Создание, просмотр и редактирование скрипта для управления и регулирования характеристик объекта моделирования.	2
1	Состав расчетного кода: библиотека блоков CMS в Сапфире, генерация входного def-файла.	4
1	Полная генерация задачи. Запуск ISD. Набор команд в отладчике ISD.	4
1	Вывод результатов инженерно-физического моделирования в формате массива, графиков и диаграмм. Анализ результатов инженерно-физических расчетов, моделируемых технологических процессов и оборудования.	4
1	Оценка влияния изменения различных параметров моделируемой технической системы на ее характеристики. Оценка адекватности разработанной модели. Выработка предложений по совершенствованию/оптимизации технологий в области ядерно-энергетических установок.	4
1	Графический кодогенератор «САПФИР» для моделирования электрических схем «ELECTROCITY»: Описание логической структуры, возможности программы, основы работы в графической оболочке.	4
1	Графический кодогенератор для моделирования логических устройств и автоматики «AUTO»: Описание логической структуры, возможности программы, основы работы в графической оболочке.	4
2	Создание и настройка проекта в графической оболочке «САПФИР» для моделирования технологической схемы энергоустановок произвольной конфигурации.	4
2	Задание свойств и параметров технологических блоков объекта моделирования произвольной конфигурации. Задание технологическим схемам объектов моделирования номера решаемой задачи.	4
2	Создание связанного проекта (процесс интеграции задач) по граничным условиям. Работа в режиме отладки. Настройка параметров расчетной схемы в свойствах решателя задачи.	4
2	Работа с объектом моделирования в текстовом редакторе («черное окно») USDS, CMS. Полная генерация задачи. Запуск ISD. Набор команд в отладчике ISD.	8
2	Разработка скрипта для управления и регулирования параметров объекта моделирования произвольной конфигурации. Вывод и	4

	обработка результатов инженерно-физического моделирования технологических схем и оборудования энергоустановок атомной энергетики	
		Всего 68

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

3.6. Самостоятельная работа студента

Номер темы дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	Ознакомление с интерфейсом и структурой графической оболочки «САПФИР».	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	4
1	Изучение структуры универсальной система разработки программного обеспечения USDS: ПО поддержки сервисных функций разработки моделей (DBM, FSCAN/CSCAN, LLD, CONST и DFGLOB, ISD, PDS), ПО исполняющей системы (IEXEC, RTEXEC, MST), графический интерфейс для работы с системой разработки USDS	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	4
1	Базовые гидравлические блоки CMS и принципы их соединения: узел, бак, канал. Отверстия в баке, граничное условие Задание свойств и параметров блоков. Наиболее часто используемые: начальные условия (давление, температура); диаметр каналов, высотные отметки объектов; объём узла, объём бака; начальный уровень воды, паросодержание.	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	6
1	Свойства и параметры блоков CMS: Соединение каналами, модель канала, Различия в каналах между разными объектами. Проводимость канала, местные сопротивления.	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	6
1	Свойства и параметры блоков CMS: Особенности модели узла и бака. Жидкая фаза, паровая фаза, неконденсирующиеся газы. Сконденсированная вода в баках. Допущение модели «мгновенного перемешивания» в узле и объёме.	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	6
1	Моделирование примесей. Продукты деления, активность, борная кислота и т.п.	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО	4

		модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	
1	Межфазное взаимодействие - кипение, конденсация, межфазный теплообмен	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	4
1	Естественное граничное условие. Граничное условие типа «узел» и «бак» соседней задачи. Граничное условие типа «расход» (подпитка).	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	4
1	Источники тепла, как тепловые граничные условия. ТЭН-ы в баках (Узел-бак. Теплообменник узел-узел. Линия - линия, линия-бак. Теплообменники между разными задачами (узел - чужая линия, бак - чужая линия, линия - чужая линия)	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	4
1	Задание характеристик насоса. Особенности применения задвижек и регулирующих клапанов в	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	4
1	Понятие «расчетного кода». Генерация входного def-файла.	Изучение теоретического материала, работа с интерфейсом ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	10
2	Создание и настройка проекта моделирования технологических схем (фрагментов схем, оборудования или их элементов) энергоустановок атомной и тепловой энергетики в соответствии с выданным заданием в графической оболочке «САПФИР» (Объект моделирования задается курирующим преподавателем*).	Решение практического задания с использованием ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	8
2	Задание свойств и параметров технологических блоков объекта моделирования. Задание технологическим схемам объектов моделирования номера решаемой задачи.	Решение практического задания с использованием ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	10
2	Создание связанного проекта (процесс интеграции задач) по граничным условиям. Работа в режиме отладки. Настройка параметров расчетной схемы в свойствах решателя задачи.	Решение практического задания с использованием ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	10
2	Работа с объектом моделирования в	Решение практического задания	12

	текстовом редакторе («черное окно») USDS, CMS. Полная генерация задачи. Запуск ISD. Набор команд в отладчике ISD.	с использованием ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	
2	Разработка скрипта для управления и регулирования параметров объекта моделирования. Вывод и обработка результатов инженерно-физического моделирования технологических схем и оборудования энергоустановок атомной энергетики	Решение практического задания с использованием ПО модельно-ориентированной среды проектирования и математического моделирования	8
Всего			104

*Примерный перечень тем (наименование объектов моделирования) для выполнения курсовой работы приведен в приложении к рабочей программе дисциплине – «ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ».

4. Образовательные технологии

При реализации дисциплины «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций» по направлению подготовки 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

В образовательном процессе используются электронные образовательные ресурсы (ЭОР), размещенные в личных кабинетах студентов Электронного университета КГЭУ, URL: <http://e.kgeu.ru/>

5. Оценка 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
	незачтено	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	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все

			объеме, но с некоторыми недочетами	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			незачтено
ПК-1	ПК-1.1	Знать Назначение и основные принципы применения систем автоматизированного проектирования и решения инженерных задач в технических системах атомной и тепловой энергетики	Знает назначение и основные принципы применения систем автоматизированного проектирования и решения инженерных задач в технических системах атомной и тепловой энергетики, при ответе не допускает ошибок.	Знает назначение и основные принципы применения систем автоматизированного проектирования и решения инженерных задач в технических системах атомной и тепловой энергетики, при ответе допускает несколько негрубых ошибок.	Плохо знает и основные принципы применения систем автоматизированного проектирования и решения инженерных задач в технических системах атомной и тепловой энергетики, при ответе допускает множество	Уровень знаний ниже минимальных требований, при ответе имеют допускает грубые ошибки.

					негрубых ошибок.	
ПК-1	ПК-1.1	Уметь				
		Выбирать оптимальные тип технологической схемы, параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС для их последующего использования в системах автоматизированно го проектирования	Демонстрирует умение выбирать оптимальные тип технологической схемы, параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС для их последующего использования в системах автоматизированно го проектирования, не допускает ошибок.	Демонстрирует умение выбирать оптимальные тип технологической схемы, параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС для их последующего использования в системах автоматизированно го проектирования, допускает несколько негрубых ошибок.	Демонстрирует умение выбирать оптимальные тип технологической схемы, параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС для их последующего использования в системах автоматизированно го проектирования, допускает множество негрубых ошибок.	При выборе оптимальных типа технологической схемы, параметров работы и характеристик оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС для их последующего использования в системах автоматизированно го проектирования, допускает грубые ошибки.
ПК-1	ПК-1.1	Владеть				
		Навыками работы с интерфейсом графической оболочки программно-технических комплексов	Может без ошибок и недочетов продемонстрировать навыки работы с интерфейсом графической оболочки программно-технических комплексов	При демонстрации навыков работы с интерфейсом графической оболочки программно-технических комплексов допускает несколько негрубых ошибок.	Демонстрирует минимальный набор навыков работы с интерфейсом графической оболочки программно-технических комплексов	Не может продемонстрировать базовые навыки работы с интерфейсом графической оболочки программно-технических комплексов, допускает грубые ошибки.
ПК-1	ПК-1.2	Знать				
		Основные принципы производства тепловой и электрической энергии в технологических системах атомной и тепловой энергетики	Знает основные принципы производства тепловой и электрической энергии в технологических системах атомной и тепловой энергетики, при ответе не допускает ошибок.	Знает основные принципы производства тепловой и электрической энергии в технологических системах атомной и тепловой энергетики, при ответе допускает несколько негрубых ошибок.	Плохо знает основные принципы производства тепловой и электрической энергии в технологических системах атомной и тепловой энергетики, при ответе допускает множество негрубых ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, при ответе имеют допускает грубые ошибки.
ПК-	ПК-1.2	Уметь				

1						
		Определять и рассчитывать параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС	Демонстрирует умение определять и рассчитывать параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС, не допускает ошибок.	Демонстрирует умение определять и рассчитывать параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС, допускает несколько негрубых ошибок.	Демонстрирует умение определять и рассчитывать параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС, допускает множество негрубых ошибок.	При определении и расчёте параметров работы и характеристик оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС, допускает грубые ошибки.
ПК-1	ПК-1.2	Владеть				
		Навыками анализа параметров работы и характеристик оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС	Может без ошибок и недочетов продемонстрировать навыки анализа параметров работы и характеристик оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС	При демонстрации навыков анализа параметров работы и характеристик оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС допускает несколько негрубых ошибок.	Демонстрирует минимальный набор навыков анализа параметров работы и характеристик оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС	Не может продемонстрировать базовые навыки анализа параметров работы и характеристик оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС, допускает грубые ошибки.
ПК-1	ПК-1.3	Знать				
		Принципы и подходы создания цифровых инженерно-физических моделей технологических процессов и оборудования атомных электрических станций	Знает принципы и подходы создания цифровых инженерно-физических моделей технологических процессов и оборудования атомных электрических станций, при ответе не допускает ошибок.	Знает принципы и подходы создания цифровых инженерно-физических моделей технологических процессов и оборудования атомных электрических станций, при ответе допускает несколько негрубых ошибок.	Плохо знает принципы и подходы создания цифровых инженерно-физических моделей технологических процессов и оборудования атомных электрических станций, при ответе допускает множество негрубых ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, при ответе имеют допускает грубые ошибки.
ПК-1	ПК-1.3	Уметь				
		Применять пакеты прикладных программ для создания и отладки инженерно-физических моделей и компьютерных моделей процессов и элементов технических систем АЭС	Демонстрирует умение применять пакеты прикладных программ для создания и отладки инженерно-физических моделей и компьютерных моделей процессов и элементов технических систем АЭС, не допускает ошибок.	Демонстрирует умение применять пакеты прикладных программ для создания и отладки инженерно-физических моделей и компьютерных моделей процессов и элементов технических систем АЭС, допускает несколько негрубых ошибок.	Демонстрирует умение применять пакеты прикладных программ для создания и отладки инженерно-физических моделей и компьютерных моделей процессов и элементов технических систем АЭС, допускает множество негрубых ошибок.	При применении пакетов прикладных программ для создания и отладки инженерно-физических моделей и компьютерных моделей процессов и элементов технических систем АЭС

						систем АЭС, допускает грубые ошибки.
ПК-1	ПК-1.3	Владеть				
		Навыками анализа, верификации, обработки и представления результатов моделирования процессов и элементов технических систем АЭС	Может без ошибок и недочетов продемонстрировать навыки анализа, верификации, обработки и представления результатов моделирования процессов и элементов технических систем АЭС	При демонстрации навыков анализа, верификации, обработки и представления результатов моделирования процессов и элементов технических систем АЭС допускает несколько негрубых ошибок.	Демонстрирует минимальный набор навыков анализа, верификации, обработки и представления результатов моделирования процессов и элементов технических систем АЭС	Не может продемонстрировать базовые навыки анализа, верификации, обработки и представления результатов моделирования процессов и элементов технических систем АЭС, допускает грубые ошибки.
ПК-3	ПК-3.2	Знать				
		Методологию научных исследований, основные подходы к планированию и управлению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых в области ядерно-энергетических технологий	Знает методологию научных исследований, основные подходы к планированию и управлению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых в области ядерно-энергетических технологий, при ответе не допускает ошибок.	Знает методологию научных исследований, основные подходы к планированию и управлению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых в области ядерно-энергетических технологий, при ответе допускает несколько негрубых ошибок.	Плохо знает методологию научных исследований, основные подходы к планированию и управлению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых в области ядерно-энергетических технологий, при ответе допускает множество негрубых ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, при ответе имеют допускает грубые ошибки.
ПК-3	ПК-3.2	Уметь				
		Формулировать цели и задачи научных исследований, вырабатывать направления проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области ядерно-энергетических технологий	Демонстрирует умение формулировать цели и задачи научных исследований, вырабатывать направления проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области ядерно-энергетических технологий, не допускает ошибок.	Демонстрирует умение формулировать цели и задачи научных исследований, вырабатывать направления проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области ядерно-энергетических технологий, допускает несколько негрубых ошибок.	Демонстрирует умение формулировать цели и задачи научных исследований, вырабатывать направления проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области ядерно-энергетических технологий, допускает множество негрубых ошибок.	При формулировании целей и задач научных исследований в области ядерно-энергетических технологий, допускает грубые ошибки.
ПК-3	ПК-3.2	Владеть				
		Навыками обработки и анализа	Может без ошибок и недочетов продемонстрировать	При демонстрации навыков обработки и анализа	Демонстрирует минимальный набор навыков	Не может продемонстрировать

	результатов научно-исследовательской деятельности в области ядерно-энергетических технологий	ь навыки обработки и анализа результатов научно-исследовательской деятельности в области ядерно-энергетических технологий	результатов научно-исследовательской деятельности в области ядерно-энергетических технологий допускает несколько негрубых ошибок.	обработки и анализа результатов научно-исследовательской деятельности в области ядерно-энергетических технологий	базовые навыки обработки и анализа результатов научно-исследовательской деятельности в области ядерно-энергетических технологий, допускает грубые ошибки.
--	--	---	---	--	---

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.)	Местоиздания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Зорин В. М.	Атомные электростанции. Вводный курс	Учебное пособие	М.: Издательский дом МЭИ	2019	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013403.html	1
2	Проскуряков К. Н.	Ядерные энергетические установки	Учебное пособие	М.: Издательский дом МЭИ	2019	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN97853830012697.html	1
3	Кузьмин А. М., Шмелев А. Н., Апсэ В. А.	Моделирование физических процессов в энергетических ядерных реакторах на быстрых нейтронах	Учебное пособие	М.: Издательский дом МЭИ	2019	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012529.html	1

Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Местоиздания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров
4	Зорин В. М.	Атомные электростанции	Учебное пособие	М.: Издательский дом МЭИ	2017	http://www.studentlibrary.ru	1
5	Рыжкин В. Я., Гиршфельд В.	Тепловые электрические станции	учебник	М.: Энергоатомиздат	1987		29
6	Колесов Ю. Б., Сеничников Ю. Б.	Моделирование систем. Объектно-ориентированный подход	учебное пособие для вузов	СПб.: БХВ-Петербург	2006		30
7	Боев В. Д., Сыпченко Р. П.	Компьютерное моделирование	учебное пособие	М.: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ"	2016	https://e.lanbook.com/book/100623	1
8	Кондаков А.И.	САПР технологических процессов	учебник для вузов	М.: Академия	2008		25
9	Кораблев Ю. А.	Имитационное моделирование. Практикум	учебное пособие	М.: Кнорус	2019	https://www.lanbook.ru/book/032051	1

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	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	https://ibooks.ru/

6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Официальный сайт Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом" (Госкорпорация "Росатом")	https://www.rosatom.ru/	Свободный доступ
2	Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации	https://minenergo.gov.ru/pendata	Свободный доступ
3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	Требуется регистрация
4	Техническая библиотека	http://techlibrary.ru	Свободный доступ

6.2.3. Информационно-справочные системы

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

6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows Профессиональная (Pro)	7 Пользовательская операционная система	договор №2011.25486 от 28.11.2011 лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.
2	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

3	Adobe Acrobat	Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
4	Office Standard 2007 Russian OLP NL Academic Edition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №21/2010 от 04.05.2010 Неискл. право. Бессрочно
5	LMS Moodle	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	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	38 посадочных мест, доска аудиторная, проектор, переносной экран, моноблок (7 шт.), 5 компьютеров с монитором
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий 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	Курсовая работа	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля	30 посадочных мест, доска аудиторная, компьютер в комплекте с монитором
4	Самостоятельная работа обучающегося	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.

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 разработчикаг., протокол №

Зав. кафедрой АТЭС _____ Чичирова Н.Д.

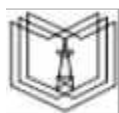
Программа одобрена методическим советом института теплоэнергетики
г., протокол №

Зам. директора по УМР _____

/ _____ /

Подпись, дата

*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»)**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

**Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных
электрических станций**

Направление подготовки 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»

Профиль Цифровой инжиниринг в атомной энергетике

Квалификация магистр

Оценочные материалы по дисциплине «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенции(й):

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

ПК-3 Вырабатывает направления прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию ядерно-энергетических технологий и руководит деятельностью подчиненного персонала по их выполнению

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: письменная контрольная работа, тестовые задания, расчетно-практическое задание, отработка предпусковых и пусковых режимов на тренажере-симуляторе.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 3, 4 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

3 семестр

Наименование контрольного мероприятия	Рейтинговые показатели				Промежуточная аттестация
	I текущий контроль	II текущий контроль	III текущий контроль	Итого	
Текущий контроль					
Раздел 1. Подготовка и прохождение обучающимся контрольных работ по учебным модулям дисциплины – (КнТР)	15	20	20	60	
Итого за 3 ТК	15	20	20	60	
Промежуточная аттестация					
Экзамен					40
Всего баллов					100

4 семестр

Наименование контрольного мероприятия	Рейтинговые показатели				Промежуточная аттестация
	I текущий контроль	II текущий контроль	III текущий контроль	Итого	

Текущий контроль					
Раздел 2. Создание и настройка проекта моделирования технологических схем (фрагментов схем, оборудования или их элементов) энергоустановок атомной и тепловой энергетики в соответствии с выданным заданием в графической оболочке «САПФИР» (Объект моделирования задается курирующим преподавателем*).	10				
Раздел 2. Задание свойств и параметров технологических блоков объекта моделирования. Задание технологическим схемам объектов моделирования номера решаемой задачи.	10				
Раздел 2. Создание связанного проекта (процесс интеграции задач) по граничным условиям. Работа в режиме отладки. Настройка параметров расчетной схемы в свойствах решателя задачи.		10			
Раздел 2. Работа с объектом моделирования в текстовом редакторе («черное окно») USDS, CMS. Полная генерация задачи. Запуск ISD. Набор команд в отладчике ISD.		10			
Раздел 2. Разработка скрипта для управления и регулирования параметров объекта моделирования. Вывод и обработка результатов инженерно-физического моделирования технологических схем и оборудования энергоустановок атомной энергетики			20		
Итого за 3 ТК	20	20	20	60	
Промежуточная аттестация					
Защита КР					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
Письменная контрольная работа (КнТР)	Представляет собой теоретические вопросы по пройденной (ранее изученной) теме.	Варианты заданий
Курсовая работа (КР)	Курсовая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями по выполнению курсовой работы. Курсовая работа предусматривает выполнение задания по моделированию оборудования и/или технологических процессов, протекающих в технических системах АЭС, с использованием программно-технических комплексов, в том числе цифровых продуктов (платформы) САД/САЕ-систем ГК «Росатом».	Задания на курсовую работу - объекты моделирования (Варианты технологических схем оборудования, установок и систем, а также элементов самого оборудования атомной энергетики, включая трубопроводы или схожих (близких по сути) к ним тепловых электростанций)
Экзамен	Оценочные материалы, вынесенные на экзамен состоят из экзаменационных билетов с двумя теоретическими вопросами	Экзаменационные билеты

3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	Письменная контрольная работа (КнТР)
Представление и содержание оценочных материалов	Оформляется в отдельной тетради. Выполняется по вариантам. Один вариант задания включает 5 теоретических вопросов, разного уровня сложности по различным темам дисциплины. Задание позволяет оценить теоретический уровень подготовки обучающегося. Количество проводимых письменных контрольных работ в семестре – 3.
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	Полные, правильные ответы на все 5 заданий, в рамках одной контрольной работы – 20 баллов; Наличие неточностей, негрубых ошибок снижают оценку по итогам проведения контрольной работы. Умение продемонстрировать базовые знания по темам дисциплины – 10 баллов. По итогам обучения в семестре, максимальное количество баллов, которое может набрать обучающийся – 60 баллов
Наименование оценочного средства	Курсовая работа (КР)

<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>Задание выполняется в оболочке программно-технического комплекса для моделирования и проектирования технологических систем АЭС и ТЭС. Задание позволяет оценить уровень практической подготовки обучающегося, умение использовать системы автоматизированного проектирования и моделирования оборудования технических систем АЭС. Позволяет оценить умения и навыки обучающегося проводить инженерно-физические расчеты моделируемых систем, отладку моделей и разрабатываемых компьютерных программ, верификацию полученных данных, проводить анализ полученных</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>Выполненным считается задание, которое заканчивается разработкой готовой компьютерной, цифровой модели, которую можно выводить на расчет. Программа расчета полностью соответствует задачам моделирования. Получаемые результаты соответствуют характеристикам реальнодействующего оборудования (его элемента, установки, системы), ставшего прототипом модели. Программный код моделей включает скрипты, например, для органов управления, регулирования модели и т.п.</p> <p>Примеры заданий на курсовую работу:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработать компьютерную модель и программу управления приводом ГЦН реактора ВВЭР-1000 для симуляционной модели. 2. Разработать компьютерную модель и программу управления деаэрационной установкой паротурбинной установки для симуляционной модели тренажера. 3. Разработать компьютерную модель и программный код защиты по уровню ПВД турбоустановки АЭС. 4. Разработать компьютерную модель и программу регулирования уровня воды в барабане-сепараторе для тренажера-симулятора. 5. Разработать компьютерную модель и программное регулирование системы подачи топлива в котел для тренажера-симулятора. 6. Разработать компьютерную модель и программу управления работой питательного насоса для симуляционной модели. 7. Разработать компьютерную модель и программу защиты турбины от разгона. 8. Разработать цифровую модель контроля выбросов парового энергетического котла в атмосферу. 9. Разработать компьютерную модель конденсационной установки энергоблока АЭС. 10. Разработать фрагмент тренажера для проверки знаний персонала энергоблока АЭС. 11. Разработать автоматизированную систему контроля качества основного конденсата турбоустановки. 12. Разработать цифровую модель привода питательного насоса турбоустановки ТЭС. 13. Разработать цифровую модель РВП. 14. Разработать компьютерную модель и программу регулирования подачи топлива в котел. 15. Разработать цифровую модель маслоснабжения турбины ТЭС. 16. Разработать цифровую модель контроля выбросов энергообъекта в атмосферу. 17. Разработать компьютерную модель алгоритм мониторинга состояния компрессора ПГУ. 18. Разработать автоматизированную систему контроля качества добавочной воды конденсационной турбоустановки.

4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Наименование оценочного средства	Экзамен
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>Оценочные материалы, выносимые на экзамен, представляют типовой экзаменационный пронумерованный по вариантам билет. Экзаменационный билет включает 2 теоретических вопроса по различным темам дисциплины. Экзамен проводится письменно, на подготовку обучающемуся отводится время до 60 минут.</p> <p>Пример экзаменационных билетов для промежуточной аттестации:</p> <p>КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТЭ Кафедра АТЭС Дисциплина «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций»</p> <p>Билет №1</p> <p>1. Как осуществляется контроль мощности реактора? Основные положения и подходы к проведению контроля. 2. Как осуществляется полная генерация задачи в USDS с помощью ПО «Сапфир»?</p> <p>Утверждаю: Зав. кафедрой АТЭС Н.Д. Чичирова дата</p> <hr/> <p>КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТЭ Кафедра АТЭС Дисциплина «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций»</p> <p>Билет №2</p> <p>1. Перечислите технологические защиты и блокировки на АЭС: Аварийная защита реактора. 2. Как осуществляется задание свойств и параметров блоков в программно-технических комплексах САПР?</p> <p>Утверждаю: Зав. кафедрой АТЭС Н.Д. Чичирова дата</p> <hr/> <p>КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТЭ Кафедра АТЭС Дисциплина «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций»</p> <p>Билет №3</p> <p>1. Как осуществляется теплотехнический контроль ядерных энергетических установок. 2. Как связать две задачи моделирования технологических схем через блоки «граничные условия»?</p> <p>Утверждаю: Зав. кафедрой АТЭС Н.Д. Чичирова дата</p>

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ИТЭ

Кафедра АТЭС

Дисциплина «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций»

Билет №4

1. Какими средствами осуществляется теплотехнический контроль, для чего необходима и как выполняется предупредительная и аварийная сигнализация.
2. Как осуществляется отладка математической (компьютерной) модели в ПО «Сапфир»?

Утверждаю:

Зав. кафедрой АТЭС

Н.Д. Чичирова

дата

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ИТЭ

Кафедра АТЭС

Дисциплина «Инженерно-физическое моделирование технологических процессов атомных электрических станций»

Билет №5

1. Какие особенности эксплуатации средств и систем контроля и управления ЯЭУ.
2. Как настроить блок решателя? Как создать исполнительный файл XHexesYU для генерации задачи и ее решения в ПО «Сапфир»?

Утверждаю:

Зав. кафедрой АТЭС

Н.Д. Чичирова

дата

Критерии оценки и шкала оценивания в баллах

Развернутые, правильные ответы на все задания экзаменационного билета – 40 баллов;
Наличие неточностей, негрубых ошибок снижают оценку.
Минимальное количество баллов за экзамен – 20.

Наименование оценочного средства

Защита курсовой работы
- зачет с оценкой

Представление и содержание оценочных материалов

Проводится в форме собеседования
Средство контроля видеобеседы преподавателя со студентом.
Обучающийся представляет результаты выполнения курсовой работы в виде компьютерной модели. Задание включает моделирование фрагмента (отдельный элемент или узел) технологической схемы энергоустановки. На промежуточной аттестации обучающийся поясняет методологию выполнения курсовой работы.

ПК-1.1 Владеет современными информационными цифровыми технологиями, применяемыми в процессе производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива

Знать:

Реакторное оборудование, блокировочное, сигнальное, контрольно-измерительное оборудование, энергооборудование реакторного отделения АЭС (новое)

1. Какое назначение у предупредительной и аварийной сигнализации? Как организована сигнализация, где размещается, как визуализируется?
2. Перечислите основные контрольно-измерительные приборы и аппаратуру, применяемую на АЭС?
3. Какие блоки теплогидравлического кодогенератора ПО «САПФИР» могут быть использованы для создания компьютерных моделей с использованием автоматизированных средств контроля и измерения параметров работы АЭС?
4. Дайте пояснение, в чем различие у запорной арматуры, регулирующих клапанов, обратных клапанов, предохранительных клапанов?
5. Как на моделируемых технологических схемах размещаются/настраиваются датчики CMS – давления, температуры, расхода, уровня?

Уметь:

Применять современные информационные технологии, оргтехнику, средства связи, программное обеспечение САПР для взаимодействия в рамках реализации проектной деятельности и решения инженерно-технических задач энергетики

1. Как в ПО «САПФИР» можно задать длину и диаметр трубопроводов, а также коэффициент сопротивления на тракте?
2. Как в ПО «САПФИР» можно задать начальные параметры расчета теплогидравлической системы (температуру и давление, вид теплоносителя)?
3. Какой элемент в библиотечных блоках ПО «САПФИР» используется для подключения трубопроводов к бакам?
4. Каким образом в ПО «Сапфир» производится соединение трубопроводов (каналов) технологической (расчетной) схемы? Какое количество каналов можно подключить к одному узлу?
5. Как в ПО «САПФИР» задается расходно-напорная характеристика насосов?

Владеть:

Навыками работы с интерфейсом графической оболочки программно-технических комплексов

1. Как с помощью интерфейса ПО «САПФИР» можно открыть рабочие окна нескольких проектов?

2. Какое максимальное количество элементов оборудования можно разместить на одном канале, ограниченным двумя узлами?
3. Какая вкладка интерфейса ПО «Сапфир» используется для настройки решателя расчетной задачи?
4. Как используя интерфейс ПО «САПФИР» сгенерировать расчетную задачу и создать DEF-файл
5. Какое назначение у окна сообщений интерфейса ПО «САПФИР»

ПК-1.2 Владеет современными технологиями производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива

Знать:

Основные принципы производства тепловой и электрической энергии в технологических системах атомной и тепловой энергетики

1. Какие факторы (условия работы) технологических схем влияют на расходно-напорную характеристику насоса?
2. Каким образом можно повысить давление воды на всасе насоса, подключенного к баку?
3. С какой целью в технологических схемах тепловых энергоустановок применяются обратные клапаны?
4. Как в теплоэнергетических установках осуществляется контролирование уровня в баках, конденсатосборниках и т.п.
5. Какие агрегаты (установки) могут использоваться в качестве приводов насосов?

Уметь:

Определять и рассчитывать параметры работы и характеристики оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС

1. Как определяется давление воды за питательным насосом паротурбинной установки?
2. Как рассчитывается температура воды за пароводяным подогревателем смешивающего (контактного) типа?
3. Как определяется напор, создаваемый конденсатными насосами паротурбинной установки электростанции?
4. Как у пароводяного подогревателя низкого давления, не имеющего подвода дренажей от других подогревателей, рассчитывается дренаж конденсата греющего пара?
5. Как рассчитывается температура питательной воды за деаэратором высокого давления паротурбинной установки?

Владеть:

Навыками анализа параметров работы и характеристик оборудования и процессов, протекающих в технических системах АЭС и ТЭС

1. Какими способами можно оценить потери напора в трубной системе энергоустановок?
2. Как можно оценить потери тепла в окружающую среду в системах транспорта теплоносителя трубопроводным способом?

3. Какие характеристики следует учитывать при выборе типа теплообменного аппарата (смешивающий/поверхностный) в технологических схемах энергоустановок?
4. Какие характеристики следует учитывать при выборе типа привода питательного насоса?
5. Каким аналитическим способом, зная все необходимые параметры работы энергоустановки, определить, что насос работает в безрасходном режиме?

ПК-1.3 Способен использовать пакеты прикладных программ для моделирования технологических процессов и элементов в технических системах АЭС

Знать:

Принципы и подходы создания цифровых инженерно-физических моделей технологических процессов и оборудования атомных электрических станций

1. Какие подходы можно использовать в ПО «Сапфир» при создании компьютерной модели пароводяного теплообменника поверхностного типа?
2. Как в ПО «Сапфир» при создании компьютерной модели бака (емкости) учесть возможный перелив?
3. Если бак имеет высоту 10 м, а отверстие в баке для его наполнения 10 см, на какой максимальной отметке, можно разместить узел «Отверстие в баке»?
4. Как в ПО «Сапфир» следует размещать расходомерное устройство?
5. Как в ПО «Сапфир» подключается теплообменник типа «Линия-Линия»?

Уметь:

Применять пакеты прикладных программ для создания и отладки инженерно-физических моделей и компьютерных моделей процессов и элементов технических систем АЭС

1. Разработать компьютерную модель и программу управления деаэрационной установкой паротурбинной установки
2. Разработать компьютерную модель и программу поддержания уровня воды в баке с помощью клапана управления рециркуляцией.
3. Разработать компьютерную модель конденсационной установки энергоблока
4. Разработать компьютерную модель сетевой подогревательной установки.
5. Разработать компьютерную модель группы подогревателей низкого давления конденсатного тракта электростанции.

Владеть:

Навыками анализа, верификации, обработки и представления результатов моделирования процессов и элементов технических систем АЭС

1. Задание: используя инструменты и возможности настройки блоков, имитирующих работу оборудования, проведите верификацию созданной компьютерной модели деаэрационной установки паротурбинной установки и проведите анализ результатов инженерно-физического расчета. Данные следует представить в виде графиков зависимости изменения параметров работы от времени.

2. Задание: используя инструменты и возможности настройки блоков, имитирующих работу оборудования, проведите верификацию созданной компьютерной модели поддержания уровня воды в баке с помощью клапана управления рециркуляцией и проведите анализ результатов инженерно-физического расчета. Данные следует представить в виде графиков зависимости изменения параметров работы от времени.

3. Задание: используя инструменты и возможности настройки блоков, имитирующих работу оборудования, проведите верификацию созданной компьютерной модели конденсационной установки энергоблока и проведите анализ результатов инженерно-физического расчета. Данные следует представить в виде графиков зависимости изменения параметров работы от времени.

4. Задание: используя инструменты и возможности настройки блоков, имитирующих работу оборудования, проведите верификацию созданной компьютерной модели сетевой подогревательной установки и проведите анализ результатов инженерно-физического расчета. Данные следует представить в виде графиков зависимости изменения параметров работы от времени.

5. Задание: используя инструменты и возможности настройки блоков, имитирующих работу оборудования, проведите верификацию созданной компьютерной модели группы подогревателей низкого давления конденсатного тракта электростанции и проведите анализ результатов инженерно-физического расчета. Данные следует представить в виде графиков зависимости изменения параметров работы от времени.

ПК-3.2 Обобщает результаты проводимых научно-исследовательских и опытно- конструкторских работ с целью выработки предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий

Знать:

Методологию научных исследований, основные подходы к планированию и управлению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых в области ядерно-энергетических технологий

1. Представьте поэтапный план разработки компьютерной модели в ПО «САПФИР»?

2. На каких принципах основаны инженерно-физические расчеты, проводимые в ПО «САПФИР»? Какие уравнения лежат в основе объектов моделирования ПО?
3. Какие исследовательские задачи можно решать при создании компьютерной модели насосной группы заданных характеристик?
4. Может ли быть использован ПО «САПФИР» для решения численных исследований, а также иных изыскательских инженерно-физических работ в области разработки технологических схем с техническими средствами автоматизации и электрических схем?
5. Как может быть использован ПО «САПФИР» для решения опытно-конструкторских работ?

Уметь:

Формулировать цели и задачи научных исследований, вырабатывать направления проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области ядерно-энергетических технологий

1. Какие направления исследований в рамках созданной компьютерной модели можно проводить в ПО «САПФИР»?
2. По условию задания следует разработать компьютерную модель участка технологической схемы паротурбинной установки. Сформулируйте цель использования готового цифрового решения для исследовательской и проектной деятельности.
3. Какие инженерно-физические и исследовательские задачи можно решать с помощью верифицированной компьютерной моделью?
4. В каких производственных и научно-исследовательских сферах деятельности в настоящее время используется ПО «САПФИР» и его аналоги.
5. Сформулируйте допущения и ограничения, которые следует учитывать при создании собственной компьютерной модели участка технологической схемы электростанции.

Владеть:

Навыками обработки и анализа результатов научно-исследовательской деятельности в области ядерно-энергетических технологий

1. В рамках аналитической работы с собственной компьютерной моделью выведите графическую зависимость изменения физических характеристик оборудования (давление, температура, расход) по времени.
2. Определите по графической зависимости оптимальный рабочий диапазон работы оборудования проектируемой технологической схемы.
3. Проведите анализ технологической схемы, принятой в качестве прототипа проекта. Предложите направления упрощения схемы. Какие допущения и ограничения следует определить для возможности визуализации схемы в ПО «САПФИР»?
4. Проведите оценку адекватности созданной компьютерной модели, точности результатов инженерно-физических расчетов в ПО, укажите

	<p>погрешность отклонения рассчитанных значений от принятого прототипа.</p>
--	---

5. Представьте результаты инженерно-физических расчетов в виде научно-технического отчета о проделанной работе и расчетно-пояснительной записки курсовой работы.

<p>Критерии оценки шкалооценивани я вбаллах</p>	<p>Критериями оценки выполнения задания, согласно достигнутого уровня, являются:</p> <p><i>Высокий уровень:</i> Ответ на задаваемый вопрос – полный, развернутый, изложен грамотным языком с точным использованием терминологии, обучающийся реагирует на вопросы и способен поддерживать диалог – 30-45 баллов</p> <p><i>Средний уровень:</i> В ответе на вопрос показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала, ответ изложен грамотным языком, допущены некоторые ошибки в использовании терминологии – 15-29баллов.</p> <p><i>Ниже среднего уровень:</i> Ответ на поставленный вопрос - неполный, отмечена непоследовательность изложения материала, при ответе на вопрос имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии, при изложении материала есть негрубые лексико-грамматические ошибки –0-14 баллов.</p> <p>Минимальное количество баллов за зачет – 1 Максимальное количество баллов за зачет–45</p>
---	---

Объем программы для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		2
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	216	216
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	43	43
Лекционные занятия (Лек)	6	6
Практические занятия (Пр)	12	12
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	187	187
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (экзамен)	9	9