



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

КГЭУ

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

2 18.03.2025

«УТВЕРЖДАЮ»

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

«11» 10 2022 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Алгоритмизация задач энергетики

Направление: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль: Цифровой инжиниринг в атомной энергетике

Квалификация

Магистр

г. Казань, 2022

Рабочая программа дисциплины «Алгоритмизация задач энергетики» 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 - "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 «Алгоритмизация задач энергетики» является формирование компетенций в области эксплуатации атомных электрических станций.

Задачами дисциплины являются сформировать представление о способах решений задач при расчётных исследованиях тепловых схем АЭС.

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)
<b>Профессиональные компетенции (ПК)</b>		
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 ОПОП**

Дисциплина «Алгоритмизация задач энергетики» 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-ом 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 электриче-	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

	ских станций	

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
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	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
<b>ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (Э – экзамен)</b>	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										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. Расчётные исследования тепловых схем АЭС.	3	20	14			20			54	ПК-1.1. ПК-1.3.	1-3	К3		30
3. Оптимизация структуры и параметров АЭС	3	8	10			10			28	ПК-1.1. ПК-1.3.	1-3	Сбс		20
Экзамен						36		36					Э	40
<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>	<b>34</b>			<b>40</b>	<b>36</b>		<b>144</b>					<b>100</b>

### 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	Общие принципы моделирования. Моделирование тепловых процессов. Моделирование нейтронно-физических процессов. Моделирование гидравлических процессов	20
3	Оптимизация структуры и параметров АЭС. Использование программного обеспечения для моделирования технологических процессов на АЭС	8
Всего		34

### 3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
---------------	---------------------------	--------------------

дисциплины		
1	Основные технические решения по тепловым схемам турбоустановок АЭС	10
2	Расчётные исследования тепловых схем АЭС	14
3	Оптимизация 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. Технико-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 контроля 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	<p><b>Знать:</b></p> <p>информационные и цифровые технологии, применяемые в процессе производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива</p>	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
		<p><b>Уметь:</b></p> <p>применять информационные и цифровые технологии, применяемые в процессе производства тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива</p>	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеющие место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания 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
ПК-1.3.		<p><b>Знать:</b></p> <p>методики моделирования и расчета технологических процессов и элементов в технических системах АЭС</p>	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
		<p><b>Умеет:</b></p>				

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 несущественными 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	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011782.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011782.html</a> Режим доступа: по подписке	
2	Стерман, Л. С.	Тепловые и атомные электрические станции	учебник для вузов	Москва: МЭИ, 2020.	2020	ЭБС «Консультант студента» : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014196.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014196.html.</a> Режим доступа: по	

					подписке.	
--	--	--	--	--	-----------	--

## Дополнительная литература

№	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное по- собие, др.)	Место из- дания, Издатель- ство	Год издания	Адрес элек- тронного ресурса	Кол-во экзем- пляров в библио- теке КГЭУ
3	Рубин-штейн Я.М., Щепетильников М. И.	Исследование реальных тепловых схем ТЭС и АЭС	производствено-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	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014134.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014134.html</a> (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"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
2	Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
3	Российская государственная библиотека	<a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a>
4	Журнал «Росэнергоатом»	<a href="https://www.rosenergoatom.ru/">https://www.rosenergoatom.ru/</a>

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	По авторизации
2	Техническая библиотека	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>	Свободный

	3	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/Apps	По авторизации

### 6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ 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. Бессрочно
3	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет (включая русскоязычный интернет).	<a href="https://www.google.com/intl/ru/chrome/">https://www.google.com/intl/ru/chrome/</a>
4	LMS Moodle	Это современное программное обеспечение	<a href="https://download.moodle.org/releases/latest/">https://download.moodle.org/releases/latest/</a>

## **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 индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	38 посадочных мест, доска аудиторная, проектор, переносной экран, моноблок (7 шт.), 5 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://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

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

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

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

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

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

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), totally 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
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	144	144
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	30	30
Лекционные занятия (Лек)	4	4
Практические занятия (Пр)	4	4
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):</b>	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. \_\_\_\_\_

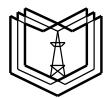
Программа одобрена на заседании кафедры –разработчика    протокол №\_\_\_\_\_ от  
\_\_\_\_\_.20\_\_\_\_ г.

Зав. кафедрой АТЭС \_\_\_\_\_ Чичирова Н.Д.

Программа одобрена методическим советом института Теплоэнергетики  
протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_.20\_\_\_\_ г.

Зам. директора по УМР \_\_\_\_\_

*Подпись, дата*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное**

**учреждение высшего образования**

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

## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **по дисциплине**

#### **Алгоритмизация задач энергетики**

*(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 «Алгоритмизация задач энергетики» – 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
<b>Текущий контроль</b>					
<b>Раздел 1</b> Современное состояние и тенденции развития тепловых схем паротурбинных АЭС	10			10	
Собеседование (Сбс)	10			10	
<b>Раздел 2</b> Расчётные исследования тепловых схем АЭС		30		30	
Кейс-задача (КЗ)		30		30	
<b>Раздел 3</b> Оптимизация структуры и параметров АЭС			20	20	
Собеседование (Сбс)			20	20	
<b>Итого за 3 ТК</b>				<b>60</b>	
<b>Промежуточная аттестация</b>					
Экзамен					<b>40</b>
<b>Всего баллов</b>					<b>100</b>

## **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 предлагаются осмысливать 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 алгоритм расчета, математическую модель заданного процесса, элемента в технических системах АЭС
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах <sup>1</sup>	1) Разработан алгоритм расчета, математическая модель заданного процесса, элемента в технических системах АЭС с применением теории графов – 30 баллов 2) Разработан алгоритм расчета, 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 оценочных материалов	Собеседование по темам самостоятельной работы студентов. Примеры вопросов: 1. Дайте определения важнейшим функциональным свойствам АЭС. Почему эти свойства являются комплексными? 2. Что такое тепловая схема АЭС - как реально существующая техно-

<sup>1</sup> В соответствии с БРС, поддерживаемой преподавателем в ЭИОС

- логическая 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.

### ПК-1.1.

Вопросы на проверку умений применять информационные и цифровые технологии в ядерной энергетике должны быть ориентированы на практическое применение знаний. Вот несколько примеров, предполагающих решение задач или анализ ситуаций:

#### I. Анализ данных и принятие решений:

1. Вам предоставлен набор данных о параметрах работы реактора (температура, давление, нейтронный поток и т.д.) за определённый период. Используя инструменты анализа данных (например, Excel, Python с библиотеками Pandas и Matplotlib), постройте графики, выявите аномалии и предложите возможные причины отклонений от нормы.
2. Перед вами данные о выбросах радиоактивных веществ за несколько лет. Проведите анализ данных, используя статистические методы, чтобы определить тренды и оценить эффективность мер по снижению выбросов.
3. Вы работаете оператором АЭС. Система SCADA сигнализирует о нештатной ситуации. Используя доступную информацию (параметры реактора, сообщения системы диагностики), опишите ваши действия по устранению неполадки, учитывая приоритеты безопасности.

#### II. Моделирование и прогнозирование:

4. Используя предоставленную модель (например, упрощенную математическую модель реактора), спрогнозируйте изменение ключевых параметров реактора при заданных условиях (изменение мощности, внесение регулирующих стержней и т.д.).
5. Вам необходимо разработать модель для прогнозирования износа определенного компонента реактора на основе исторических данных. Опишите выбор модели, используемые методы и ожидаемые результаты.

#### III. Кибербезопасность:

6. Опишите план действий по реагированию на кибератаку на систему управления АЭС, включая этапы обнаружения, реагирования и восстановления.
7. Проанализируйте сценарий фишинговой атаки на сотрудников АЭС. Опишите возможные последствия и предложите меры профилактики.

#### IV. Обработка и визуализация данных:

8. Вам необходимо представить результаты анализа данных о работе АЭС в виде интерактивного отчета с использованием инструментов визуализации данных (например, Tableau, Power BI). Опишите, какие данные вы бы включили и как бы визуализировали их для удобства восприятия.

9. Разработайте информационную панель (dashboard) для мониторинга ключевых параметров работы реактора в реальном времени, используя доступные инструменты.

V. Работа с базами данных:

10. Вам нужно разработать структуру базы данных для хранения информации о работе АЭС (параметры реактора, данные о персонале, информация об обслуживании оборудования и т.д.). Определите необходимые таблицы, поля и связи между ними.

ПК-1.1.

Вопросы на проверку знаний информационных и цифровых технологий в ядерной энергетике:

I. Управление реактором и контроль параметров:

1. Опишите роль систем мониторинга и управления в реальном времени (SCADA) в обеспечении безопасной и эффективной работы ядерного реактора. Какие параметры отслеживаются?

2. Как используются нейронные сети и машинное обучение для прогнозирования поведения реактора и предотвращения аварийных ситуаций? Приведите примеры.

3. Объясните принцип работы системы защиты реактора и роль цифровых технологий в ее функционировании. Какие информационные системы обеспечивают быструю реакцию на отклонения от нормы?

4. Как цифровые двойники используются для моделирования и оптимизации работы ядерного реактора? Какие преимущества это дает?

5. Опишите применение виртуальной и дополненной реальности в обучении персонала, работающего на АЭС.

II. Обработка данных и анализ:

6. Какие типы данных собираются в процессе эксплуатации АЭС и как они обрабатываются?

7. Опишите методы анализа больших данных (Big Data) в ядерной энергетике для улучшения эффективности и безопасности работы АЭС.

8. Как используются системы поддержки принятия решений (DSS) для операторов АЭС?

9. Объясните роль облачных технологий в хранении и обработке данных, получаемых с АЭС. Какие преимущества и риски это влечет?

10. Как информационные технологии используются для анализа и прогнозирования износа оборудования на АЭС?

III. Безопасность и защита информации:

11. Какие меры информационной безопасности применяются на АЭС для защиты от кибератак?

12. Как обеспечивается защита данных, связанных с безопасностью и эксплуатацией АЭС, от несанкционированного доступа?

13. Опишите роль кибербезопасности в предотвращении саботажа и террористических актов на АЭС.

14. Как используются криптографические методы для защиты данных на АЭС?

15. Какие международные стандарты и регуляторные требования к информационной безопасности применяются в ядерной энергетике?

IV. Управление отходами и дезактивация:

16. Как информационные технологии используются для отслеживания и управления ядерными отходами?

17. Опишите применение геоинформационных систем (ГИС) при планировании и реализации мероприятий по дезактивации территорий.

18. Как цифровые технологии помогают оптимизировать процесс переработки ядерного топлива?

V. Интеграция систем и коммуникаций:

19. Опишите архитектуру информационных систем на АЭС и взаимодействие различных подсистем.

20. Как обеспечивается надежная и бесперебойная связь между различными компонентами системы управления АЭС?

ПК-1.1.

Вопросы, проверяющие владение современными информационными и цифровыми технологиями в ядерной энергетике, должны охватывать как теоретические знания, так и практическое применение. Вот несколько примеров, разделенных по уровням сложности:

I. Базовый уровень:

1. Какие типы датчиков используются для сбора данных о параметрах работы ядерного реактора? Опишите принцип работы хотя бы одного типа.

2. Что такое SCADA-система и какую роль она играет в управлении АЭС?

3. В чем заключается основное отличие между виртуальной и дополненной реальностью и как эти технологии могут применяться в обучении персонала АЭС?

4. Назовите основные типы баз данных, которые могут использоваться для хранения данных о работе АЭС. Какие преимущества и недостатки у каждого типа?

5. Что такое облачные технологии и как они могут применяться в ядерной энергетике? Укажите потенциальные преимущества и риски.

6. Опишите основные принципы кибербезопасности, применяемые на АЭС.

II. Средний уровень:

1. Опишите архитектуру информационных систем на АЭС. Какие подсистемы взаимодействуют между собой и как обеспечивается их надежная работа?

2. Как используются методы машинного обучения для прогнозирования технического состояния оборудования АЭС? Приведите конкретный пример.

3. Объясните, как работают системы поддержки принятия решений (DSS) для операторов АЭС. Какие данные используются и как они помогают в принятии решений?

4. Опишите применение больших данных (Big Data) в ядерной энергетике. Какие вызовы и возможности связаны с обработкой и анализом больших объемов данных?

5. Какие методы используются для обеспечения целостности и аутентичности данных, передаваемых между различными системами на АЭС?

6. Как применяются цифровые двойники в моделировании и оптимизации работы АЭС? Какие преимущества это дает по сравнению с традиционными методами?

III. Продвинутый уровень:

1. Опишите архитектуру системы кибербезопасности АЭС, включая методы защиты от различных типов кибератак.

2. Как используются методы искусственного интеллекта (ИИ) для повышения эффективности и безопасности работы АЭС? Приведите конкретные примеры использования ИИ в различных областях ядерной энергетики.

3. Сравните различные методы анализа временных рядов, применяемых для прогнозирования параметров работы реактора. Какие критерии используются для выбора оптимального метода?
4. Опишите применение блокчейн-технологий в ядерной энергетике, например, для отслеживания ядерных материалов.
5. Разработайте план реагирования на инцидент кибербезопасности на АЭС, включая этапы обнаружения, реагирования и восстановления.
6. Проанализируйте риски, связанные с применением облачных технологий для хранения и обработки данных АЭС. Какие меры безопасности необходимо предпринять для минимизации этих рисков?

### ПК-1.3

Вопросы, проверяющие умение моделировать тепловые схемы АЭС, должны охватывать как теоретические знания, так и практические навыки построения и анализа моделей. Вот несколько вопросов, разбитых по уровням сложности:

#### I. Основы и терминология:

1. Объясните основные компоненты тепловой схемы АЭС (реактор, парогенератор, турбина, конденсатор, охладители и т.д.) и их функции.
2. Опишите различные типы тепловых схем АЭС (с прямым циклом, с промежуточным циклом, с двойным контуром и т.д.). В чем их преимущества и недостатки?
3. Определите основные параметры, характеризующие работу тепловой схемы АЭС (температура, давление, расход, мощность и т.д.).
4. Что такое тепловой КПД АЭС и как он рассчитывается? От каких факторов он зависит?
5. Объясните понятие "критическая точка" в контексте тепловой схемы АЭС. Какое значение она имеет для проектирования?

#### II. Построение и анализ моделей:

1. Опишите основные этапы построения математической модели тепловой схемы АЭС. Какие упрощения обычно делаются?
2. Какие типы уравнений используются для моделирования тепловых процессов в различных компонентах схемы (реактор, парогенератор, турбина)?
3. Как моделируется теплообмен в парогенераторе? Какие корреляции и уравнения используются?
4. Как учитывается влияние давления на температуру кипения и насыщения в модели?
5. Как моделируется процесс конденсации пара в конденсаторе? Какие параметры влияют на эффективность конденсации?
6. Как моделируется работа насосов и турбин в тепловой схеме? Какие параметры необходимо учитывать?
7. Как моделируется работа системы регулирования в тепловой схеме? Какие параметры регулируются?

#### III. Решение задач и интерпретация результатов:

1. Разработайте упрощенную математическую модель тепловой схемы АЭС с заданными параметрами (мощность реактора, температура на выходе из реактора, давление пара и т.д.).
2. Проведите расчет основных параметров тепловой схемы (температура, давление, расход) на основе разработанной модели.
3. Проанализируйте результаты моделирования и объясните влияние изменения одного из параметров (например, температуры на выходе из реактора) на другие параметры схемы.
4. Оцените тепловой КПД тепловой схемы на основе результатов моделирования.
5. Как бы изменилась модель, если бы нужно было учесть нестацио-

- нарные процессы?
6. Проведите анализ чувствительности модели к изменению входных параметров. Какие параметры наиболее сильно влияют на выходные параметры?
  7. Как бы вы модифицировали модель для анализа аварийных ситуаций (например, разгерметизация контура)?

IV. Практические навыки:

1. Опишите ваш опыт работы с программным обеспечением для моделирования тепловых схем. Какие программы вы использовали?
2. Как вы выбираете подходящее программное обеспечение для решения конкретной задачи моделирования тепловой схемы?
3. Как вы проверяете точность и достоверность результатов моделирования тепловой схемы?

**ПК-1.3**

Вопросы на проверку знаний методики моделирования и расчета технологических процессов и элементов в технических системах АЭС должны охватывать различные аспекты, от фундаментальных принципов до специфических методов, используемых в ядерной энергетике. Вот несколько примеров, разделенных по темам:

I. Общие принципы моделирования:

1. Опишите основные этапы процесса моделирования технологических процессов на АЭС.
2. Какие типы моделей используются для описания технологических процессов на АЭС? (Например, физические, математические, имитационные). Укажите преимущества и недостатки каждого типа.
3. Что такое валидация и верификация модели? Как эти процессы осуществляются для моделей, используемых на АЭС?
4. Объясните понятие "упрощающих предположений" в моделировании. Какие упрощения допустимы, а какие нет при моделировании процессов на АЭС?
5. Как выбирается уровень детализации модели в зависимости от поставленной задачи?

II. Моделирование тепловых процессов:

1. Опишите методы расчета теплообмена в парогенераторах АЭС.
2. Как моделируется течение теплоносителя в первичном и вторичном контурах АЭС?
3. Какие методы используются для моделирования теплового расширения оборудования на АЭС?
4. Как учитывается тепловая инерция при моделировании переходных процессов в АЭС?
5. Опишите методы расчета тепловых напряжений в элементах реактора.

III. Моделирование нейтронно-физических процессов:

1. Какие методы используются для расчета нейтронного поля в активной зоне реактора?
2. Как моделируется выгорание ядерного топлива?
3. Опишите методы расчета коэффициентов реактивности.
4. Как моделируются ксеноновые колебания в реакторе?
5. Как учитываются эффекты обратной связи при моделировании динамики реактора?

IV. Моделирование гидравлических процессов:

1. Опишите методы расчета гидравлических сопротивлений в трубопроводах АЭС.
2. Как моделируется течение двухфазных сред (пар-вода) в системах АЭС?
3. Какие методы используются для моделирования динамики уровня жидкости в резервуарах АЭС?
4. Как моделируется работа насосов и другого гидравлического оборудования на АЭС?

**V. Использование программного обеспечения:**

1. Назовите основные программные пакеты, используемые для моделирования технологических процессов на АЭС.
2. Опишите возможности и ограничения хотя бы одного из этих пакетов.
3. Как осуществляется верификация и валидация результатов моделирования, полученных с помощью программного обеспечения?

**VI. Анализ результатов моделирования:**

1. Какие методы используются для анализа результатов моделирования технологических процессов на АЭС?
2. Как оценивается неопределенность результатов моделирования?
3. Как результаты моделирования используются для принятия инженерных решений?

**ПК-1.3**

Вопросы для проверки владения навыками моделирования и расчета технологических процессов и элементов в технических системах АЭС можно разделить на несколько категорий, охватывающих различные аспекты:

**I. Основы моделирования:**

1. Опишите основные этапы процесса создания математической модели технологического процесса АЭС. Какие данные необходимы на каждом этапе?
2. Какие типы математических моделей (статические, динамические, детерминированные, стохастические) используются для моделирования технологических процессов АЭС? Приведите примеры для каждого типа.
3. Объясните принципы выбора метода численного решения для конкретной модели. Какие факторы влияют на этот выбор?
4. Как проводится верификация и валидация математической модели? Опишите критерии приемлемости результатов.
5. Что такое чувствительность модели? Опишите методы оценки чувствительности модели к изменению входных параметров.
6. Как учитывается неопределенность входных данных при моделировании? Какие методы используются для оценки и распространения неопределенности?

**II. Моделирование конкретных элементов и процессов:**

1. Опишите математическую модель теплообменного процесса в парогенераторе. Какие параметры влияют на эффективность теплообмена?
2. Как моделируется процесс горения ядерного топлива в реакторе? Какие факторы учитываются в модели?
3. Опишите математическую модель системы регулирования давления в контуре реактора. Какие параметры и регуляторы используются в данной модели?
4. Как моделируется процесс теплопередачи в реакторном бассейне? Какие упрощения обычно делаются?

	<p>5. Разработайте упрощенную модель процесса очистки воды в контуре реактора. Укажите основные уравнения и параметры.</p> <p>6. Опишите моделирование распространения радиоактивных веществ при аварийных ситуациях. Какие факторы влияют на распространение?</p> <p>III. Расчеты и анализ результатов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как рассчитывается тепловая мощность реактора? Какие данные необходимы для этого расчета?</li> <li>2. Как определяется эффективность работы парогенератора? Какие показатели используются для оценки?</li> <li>3. Как рассчитывается коэффициент запаса реактивности? Каково его значение для обеспечения безопасности?</li> <li>4. Как интерпретируются результаты моделирования в контексте безопасности АЭС? Какие критерии используются для оценки рисков?</li> <li>5. Как на основе результатов моделирования принимаются инженерные решения по оптимизации работы АЭС?</li> <li>6. Проанализируйте результаты моделирования и объясните, почему получены именно такие результаты. Какие возможные источники погрешности?</li> </ol> <p>IV. Программное обеспечение:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите ваш опыт работы с программным обеспечением для моделирования технологических процессов. Какие программы вы использовали?</li> <li>2. Как вы обрабатываете и визуализируете результаты моделирования?</li> <li>3. Как вы выбираете подходящее программное обеспечение для решения конкретной задачи моделирования?</li> </ol>
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><i>Примеры теоретических вопросов:</i></p> <p>Эти вопросы составлены с учетом специфики ядерной энергетики и охватывают как общие принципы алгоритмизации, так и алгоритмы, используемые для решения задач, связанных с проектированием, эксплуатацией и безопасностью ядерных установок.</p> <p>I. Основы алгоритмизации и численных методов (общие вопросы):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое алгоритм? Определение, свойства алгоритма. Критерии качества алгоритма.</li> <li>2. Основные способы представления алгоритмов (блок-схемы, псев-</li> </ol>

докод, языки программирования). Преимущества и недостатки каждого способа.

3. Основные алгоритмические структуры: последовательность, ветвление, цикл. Примеры использования.
4. Понятие сложности алгоритма. О-нотация. Примеры оценки сложности для различных алгоритмов.
5. Основные методы разработки алгоритмов (разделяй и властвуй, динамическое программирование, жадные алгоритмы).
6. Структуры данных (массивы, списки, очереди, стеки, деревья, графы). Примеры применения в задачах ядерной энергетики.
7. Рекурсивные алгоритмы. Примеры. Преимущества и недостатки рекурсии.
8. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ): прямые (метод Гаусса, LU-разложение) и итерационные (метод Якоби, метод Зейделя). Сравнение и области применения.
9. Методы решения нелинейных уравнений: метод Ньютона, метод бисекции, метод секущих. Сравнение и области применения.
10. Методы численного интегрирования: метод трапеций, метод Симпсона. Оценка погрешности численного интегрирования.

II. Алгоритмы для расчета нейтронно-физических характеристик ядерных реакторов:

1. Уравнение переноса нейтронов. Диффузионное приближение уравнения переноса. Области применимости.
2. Алгоритмы решения уравнения диффузии нейтронов: конечно-разностные методы, метод конечных элементов. Особенности применения для различных типов реакторов.
3. Многогрупповое приближение. Принципы получения групповых констант. Алгоритмы для решения многогруппового уравнения диффузии.
4. Метод Монте-Карло для расчета нейтронно-физических характеристик реакторов. Принципы метода, алгоритмы моделирования траекторий нейтронов. Преимущества и недостатки метода.
5. Алгоритмы для расчета эффективного коэффициента размножения нейтронов ( $k_{эфф}$ ). Критерии сходимости и методы ускорения сходимости итерационных процессов.
6. Алгоритмы для расчета пространственно-энергетического распределения нейтронного потока в активной зоне реактора. Особенности расчета для реакторов различной геометрии.
7. Алгоритмы для расчета выгорания ядерного топлива. Уравнения выгорания, методы численного решения. Учет образования продуктов деления.
8. Алгоритмы для расчета влияния различных факторов (температура, плотность, концентрация поглотителей) на реактивность реактора.
9. Алгоритмы для моделирования систем управления и защиты реактора (СУЗ). Расчет эффективности органов регулирования реактивностью.
10. Алгоритмы для анализа кинетики реактора. Решение уравнений кинетики реактора. Моделирование переходных процессов и аварийных

ситуаций.

III. Алгоритмы для теплогидравлических расчетов ядерных реакторов:

1. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии для однофазного и двухфазного потоков. Основные допущения и упрощения.
2. Алгоритмы решения уравнений гидродинамики для расчета теплогидравлических характеристик активной зоны реактора. Конечно-разностные методы, метод конечных объемов.
3. Модели теплопереноса в твэлах ядерного топлива. Алгоритмы расчета температурного поля в твэле. Учет тепловыделения в топливе и теплоотвода к теплоносителю.
4. Алгоритмы для расчета кризиса теплообмена. Критерии кризиса теплообмена. Моделирование процессов кипения и конденсации.
5. Алгоритмы для анализа аварийных режимов, связанных с потерей теплоносителя (LOCA). Моделирование истечения теплоносителя, теплоотвода от активной зоны, разогрева твэлов.
6. Алгоритмы для моделирования работы парогенераторов и другого теплообменного оборудования АЭС. Расчет теплового баланса и гидравлических характеристик.
7. Алгоритмы для моделирования работы систем аварийного охлаждения активной зоны (САОЗ). Оценка эффективности САОЗ.
8. Алгоритмы для расчета тепловых сетей АЭС. Оптимизация режимов работы тепловых сетей.
9. Алгоритмы для моделирования работы систем вентиляции и кондиционирования АЭС. Расчет распределения температуры и влажности воздуха.
10. Алгоритмы для моделирования распространения радиоактивных веществ в случае аварии на АЭС. Расчет дозовых нагрузок на персонал и население.

IV. Алгоритмы для анализа безопасности ядерных установок:

1. Методы анализа безопасности: детерминистический и вероятностный анализ безопасности (Deterministic Safety Analysis, Probabilistic Safety Analysis - DSA, PSA). Принципы и особенности применения.
2. Алгоритмы для построения деревьев событий и деревьев отказов. Анализ последовательностей событий и причин отказов.
3. Алгоритмы для расчета частоты и последствий различных сценариев аварий. Оценка вероятности повреждения активной зоны и выхода радиоактивных веществ в окружающую среду.
4. Алгоритмы для оценки влияния человеческого фактора на безопасность АЭС. Моделирование действий оператора в различных ситуациях.
5. Алгоритмы для оценки влияния внешних факторов (землетрясения, наводнения, экстремальные температуры) на безопасность АЭС.
6. Алгоритмы для анализа надежности оборудования АЭС. Расчет показателей надежности, оценка влияния отказов оборудования на безопасность.
7. Алгоритмы для оптимизации систем безопасности АЭС. Разработка новых систем безопасности и оценка их эффективности.

8. Алгоритмы для анализа рисков ядерных установок. Оценка вероятности и последствий неблагоприятных событий.
9. Алгоритмы для моделирования поведения радиоактивных материалов в различных условиях. Расчет растворимости, миграции и сорбции радионуклидов.
10. Алгоритмы для поддержки принятия решений при аварийных ситуациях. Разработка алгоритмов для оперативного персонала.

V. Практические задачи:

1. Разработать алгоритм для решения уравнения диффузии нейтронов одномерном приближении методом конечных разностей.
2. Разработать алгоритм для расчета температурного поля в твэле ядерного топлива.
3. Разработать алгоритм для построения дерева событий для конкретного сценария аварии на АЭС.
4. Разработать алгоритм для расчета критической массы ядерного материала.
5. Разработать алгоритм для оценки дозовой нагрузки на персонал при работе с радиоактивными источниками.

Типы вопросов:

- Теоретические: Проверка знания основных понятий, принципов и методов.
  - Практические: Применение знаний для разработки алгоритмов решения конкретных задач.
  - Аналитические: Анализ и сравнение различных алгоритмов и методов.
  - Проектные: Разработка алгоритмов для решения комплексных задач.
    - Вопросы должны охватывать все основные разделы курса.
    - Необходимо использовать конкретные примеры из практики работы в ядерной энергетике.
    - Важно оценить не только знание теории, но и умение применять ее на практике.
    - Рекомендуется использовать комбинацию различных типов вопросов.
    - Включите в экзамен практическое задание по разработке алгоритма для решения конкретной задачи, специфичной для ядерной энергетики.
1. Что такое универсальная математическая модель тепловой схемы?
  2. Основные достоинства линейной математической модели тепловой схемы ПТУ или АЭС?
  3. Между целями расчета тепловой схемы и составом ее математической модели имеется определенная связь - какая именно?
  4. Каким образом может быть изменен состав оборудования в тепловой схеме, исследуемой с помощью математической модели объекта АЭС с фиксированной структурой?
  5. Каким образом принципы системного подхода — иерархичности и необходимого разнообразия - должны отразиться в математической

	<p>модели тепловой схемы?</p> <p>6. Дайте определения видам связей между элементами оборудования АЭС.</p> <p>7. Что нужно для того, чтобы представить тепловую схему АЭС в виде графа?</p> <p>8. Что такое расчетный элемент (узел) тепловой схемы? Чем расчетная схема может отличаться от исходной технологической?</p> <p>9. Чем будут различаться математические модели какого-либо элемента оборудования ПТУ, созданные для включения в математическую модель тепловой схемы и для проведения расчетных исследований данного элемента?</p> <p>10. Назовите основные группы уравнений, которые войдут в математическую модель элемента оборудования, предназначенную для расчета тепловой схемы.</p> <p>11. Приведите примеры логических параметров, которые могут быть использованы в математической модели ПТУ.</p> <p>12. Какая информация необходима для описания информационно-насыщенного графа тепловой схемы?</p> <p>13. В чем заключается основная трудность (проблема) при разработке математической модели тепловой схемы на основе элементов оборудования и почему?</p> <p>14. Какие причины делают целесообразным моделирование тепловой схемы ПТУ на основе групп элементов оборудования? Какую из них в этом случае следует считать основной?</p>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p><i>Примеры практических заданий:</i></p> <p>1. Для заданной схемы запишите уравнения тепловых балансов для регенеративных подогревателей П1 и П2.</p> <p>2. Найдите на представленном графе вершины, соответствующие входным и выходным переменным системы уравнений, этим графом представленной.</p> <p>3. Каким образом с помощью указателей связей может быть описано место подогревателя низкого давления № 7 в заданной схеме?</p> <p>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.</p> <p>5. Запишите уравнение для расчета расхода греющего пара на подогреватель высокого давления П2 в заданной схеме.</p> <p>6. Постройте граф для заданной тепловой схемы.</p> <p>При выставлении баллов за ответы на задания в билете учитываются следующие критерии:</p> <p>1. Правильность выполнения практического(их) задания(ий)</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</p>

аргументированные ответы

5. Логичность и последовательность ответа

6. Демонстрация способности участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем

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.

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.

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.

**Максимальное количество баллов за каждый ответ и за выполнение практического задания – по 15 баллов**

**Максимальное количество баллов за экзамен - 40**