

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ С.Т. Князев
«__» _____ 20.. г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
КИНЕТИКА И ДИНАМИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ**

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль КИНЕТИКА И ДИНАМИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ	Код модуля 1134114 Учебный план № 6437
Образовательная программа Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код ОП 14.05.02/01.01
Траектория образовательной программы (ТОП)	Не предусмотрено
Направление подготовки Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код направления и уровня подготовки 14.05.02
Уровень подготовки Специалист	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 17.08.2015, № 849

СОГЛАСОВАНО
ДИРЕКЦИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ

Екатеринбург, 2017

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Акифьева Наталья Николаевна		ст.преподаватель	Атомные станции и возобновляе мые источники энергии	
2	Климова Виктория Андреевна		ст.преподаватель	Атомные станции и возобновляе мые источники энергии	

Руководитель модуля

Акифьева Н.Н

Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института

Председатель учебно-методического совета

В.И .Денисенко

Протокол № _____ от _____ г.

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева

Руководитель образовательной программы (ОП), для которой реализуется модуль

С.Е.Щеклеин

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ КИНЕТИКА И ДИНАМИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

1.1. Объем модуля, 12 з.е.

1.2. Аннотация содержания модуля

Модуль относится к базовой части образовательной программы.

Модуль направлен на изучение традиционных методов анализа переходных процессов в ядерных установках. Представлены как теоретические основы методов, так и правила их практического применения. Также изучаются современные принципы и средства построения автоматизированных систем управления технологическими процессами. Значительное внимание уделяется теоретическим основам управления, в частности теории автоматического регулирования. Изучается структурно-функциональная схема АСУ ТП АЭС, система управления и защиты реактора, системы автоматического регулирования энергоблока.

2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной – по выбору студента (ВС).	Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
		Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
1 (Б) Кинетика ядерных реакторов	9	51	51		102	96	Э (18)	216	6
2 (Б) Автоматизированные системы управления АЭС	10	34	34	17	85	113	Э (18)	216	6
Всего на освоение модуля		85	85	17	187	209	36	432	12

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	Пререквизиты	1. (Б) Кинетика ядерных реакторов 2. (Б) Автоматизированные системы управления АЭС
3.2.	Постреквизиты	-

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

Коды ОП, для которых реализуется модуль	Планируемые в ОХОП результаты обучения -РО, которые формируются при освоении модуля	Компетенции в соответствии с ФГОС ВО, а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля	Универсальные компетенции (УОК, УОПК, УПК), формируемые при освоении

			модуля для нескольких ОП
14.05.02/01.01	<p>РО-02 Способность осуществлять в рамках научно-исследовательской деятельности математическое моделирование физических и технологических процессов в оборудовании, алгоритмов контроля и управления, режимов эксплуатации атомных объектов, в том числе с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследования.</p>	<p>ОПК-1 - способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; ПК-2 - способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований</p>	
	<p>РО-06 Способность проводить в рамках производственно-технологической деятельности нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты реакторных установок в стационарных и нестационарных режимах работы.</p>	<p>ОК-1 - способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу; ОПК-1 - способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; ПК-16 - способность анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы; ПК-17 - способность проводить нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты ядерных реакторов в</p>	

	стационарных и нестационарных режимах работы.	
РО-08 Способность осуществлять в рамках производственно-технологической деятельности эксплуатацию и совершенствование средств и систем контроля, диагностики, управления и защиты, программно-технических комплексов АСУ ТП АС и других ЯЭУ.	ОК-1 - способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу; ОПК-1 - способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; ПК-7 - способность обоснованно выбирать средства измерения теплофизических параметров, оценивать погрешности результатов измерений; ПК-19 - готовность использовать средства автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов.	

4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

Дисциплины модуля	ОК1	ОПК1	ПК				
			ПК2	ПК7	ПК16	ПК17	ПК19
1 Кинетика ядерных реакторов	*	*	*		*	*	
2 Автоматизированные системы управления АЭС	*	*	*	*			*

5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ

5.1. Весовой коэффициент значимости промежуточной аттестации по модулю:

5.2. Форма промежуточной аттестации по модулю:

Не предусмотрена

5.3. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по модулю (Приложение 1)

5.3. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

5.3.1. ОБЩИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

Система критериев оценивания результатов обучения в рамках модуля опирается на три уровня освоения: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

5.3.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

5.3.2.1. Перечень примерных вопросов для интегрированного экзамена по модулю
Не предусмотрен

5.3.2.2. Перечень примерных тем итоговых проектов по модулю
Не предусмотрен

6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ

Номер листа изменений	Номер протокола заседания проектной группы модуля	Дата заседания проектной группы модуля	Всего листов в документе	Подпись руководителя проектной группы модуля

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АЭС

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль КИНЕТИКА И ДИНАМИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ	Код модуля 1134114 Учебный план № 6437
Образовательная программа Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код ОП 14.05.02/01.01
Направление подготовки Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код направления и уровня подготовки 14.05.02
Уровень подготовки Специалист	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 17.08.2015, № 849

Екатеринбург, 2017

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Акифьева Наталья Николаевна		ст.преподаватель	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	
2	Климова Виктория Андреевна		ст.преподаватель	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	

Руководитель модуля

Н.Н. Акифьева

Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института

Председатель учебно-методического совета
Протокол № _____ от _____ г.

В.И. Денисенко

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АЭС

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Автоматизированные системы управления АЭС» входит в базовый модуль «Кинетика и динамика ядерных реакторов», изучается после дисциплины «Кинетика ядерных реакторов». Дисциплина посвящена изучению принципов построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), изучению особенностей построения АСУ ТП для атомных электростанций, структуры и функций АСУ ТП АЭС. Особое внимание уделяется теоретическим основам построения автоматических систем регулирования (АСР) в составе АСУ ТП.

1.2. Язык реализации программы – русский, английский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

ОК-1 - способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

ОПК-1 - способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

ПК-2 - способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;

ПК-7 - способность обоснованно выбирать средства измерения теплофизических параметров, оценивать погрешности результатов измерений;

ПК-19 - готовность использовать средства автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- классификацию систем автоматического управления;
- структурное построение АСУ ТП АЭС;
- функции АСУ ТП АЭС;
- теоретические модели, используемые для описания динамики линейных объектов управления и элементов АСР (автоматических систем регулирования);

Уметь:

- решать базовые задачи анализа динамики линейных объектов и АСР;
- решать простейшие задачи параметрического синтеза линейных АСР;

Владеть:

- методами моделирования динамики линейных объектов;
- методами настройки линейных регуляторов.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	10 семестр
1.	Аудиторные занятия	85	85	85
2.	Лекции	34	34	34
3.	Практические занятия	34	34	34
4.	Лабораторные работы	17	17	17
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	113	15,75	113
6.	Промежуточная аттестация	18	2,33	Э, 18
7.	Общий объем по учебному плану, час.	216	103,08	216
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	6		6

*Контактная работа составляет:

в п/п 2,3,4 - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий) и объема времени, выделенного преподавателю на руководство курсовой работой/проектом одного студента, если она предусмотрена.

в п.6 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного студента и объема времени, выделенного в рамках дисциплины на руководство проектом по модулю (если он предусмотрен) одного студента.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код разделов и тем	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Структура и функции АСУ ТП АЭС	
P1.T1	T1. Структура АСУ ТП АЭС.	Аппаратная структура АСУ ТП АЭС. Полевой уровень. Устройства полевого уровня. Преобразователи технологических параметров. Запорно-регулирующая арматура (ЗРА). Механизмы собственных нужд (МСН). Полевая шина. Уровень программируемых логических контроллеров (ПЛК). Profibus. Верхний уровень АСУ ТП АЭС (SCADA уровень). Автоматизированные рабочие места. Связь устройств верхнего уровня между собой и с уровнем ПЛК по сети ETHERNET. Понятие программно-технического комплекса АСУ ТП АЭС.

P1.T2	T2. Функции АСУ ТП АЭС.	Функциональные подсистемы АСУ ТП АЭС. Подсистема сбора и обработки информации о технологических параметрах, состоянии механизмов собственных нужд (МСН) и положении запорно-регулирующей арматуры (ЗРА). Подсистема дистанционного управления. Типовая схема дистанционного управления запорной задвижкой. Подсистема дискретного управления в нормальных режимах. Блокировка, автоматическое включение резерва (АВР). Пошаговое управление. ФГУ. Подсистема аварийных защит. Требования ФНП АЭ (Федеральных норм и правил в области атомной энергетики) к аварийной защите реакторной установки. Подсистема автоматического регулирования. Иерархия регуляторов АЭС. Интерфейс «оператор-объект». Система управления и защиты реакторной установки (СУЗ РУ) и ее связь с общетехнологической АСУ ТП АЭС.
P2	Основные понятия теории автоматического регулирования	
P2.T1	T1. Основные понятия теории автоматического регулирования.	Основные понятия теории управления. Принципиальная схема автоматической системы регулирования. Понятие переходного процесса. Классификация АСР. Классификация по программе управления (по виду управляющего воздействия). Классификация по виду передаваемых сигналов: непрерывные, непрерывные с гармонической модуляцией, релейные, импульсные. Классификация по способу математического описания процессов. Классификация по степени контроля изменяющихся свойств возмущения. Классификация по способу управления: по возмущению; по рассогласованию; комбинированные.
P3	Математические модели.	
P3.T1	T1. Линейные дифференциальные уравнения.	Системы с распределенными параметрами (многомерные системы) и «точечные» системы. Условия справедливости «точечной» модели. Моделирование динамики линейных «точечных» систем обыкновенными линейными дифференциальными уравнениями. Однородное линейное дифференциальное уравнение. Неоднородное линейное дифференциальное уравнение. Общие решения ОЛДУ и НЛДУ. Возмущающая функция. Принцип суперпозиции в решении ЛДУ. Понятие переходного процесса.
P3.T2	T2. Модели динамики линейных объектов.	Модели динамики отдельных линейных устройств, систем, элементов систем. Модель динамики емкости с самовыравниванием уровня. Модель динамики емкости без самовыравнивания уровня. Модель динамики RLC-цепочек. Линеаризация нелинейных моделей. Модель динамики центробежного регулятора скорости турбины.
P4	Передаточная функция линейной АСР.	
P4.T1	T1. Операционное преобразование Лапласа.	Операционное преобразование Лапласа. Свойства преобразования Лапласа. Предельная теорема. Теорема запаздывания. Таблица преобразования Лапласа. Формы представления изображений.
P4.T2	T2. Передаточная функция.	Понятие передаточной функции линейной «точечной» непрерывной АСР и ее отдельного звена. Нули и полюса передаточной функции. Импульсная передаточная функция дискретной АСР.
P5	Элементарные динамические звенья	
P5.T1	T1. Элементарные динамические звенья.	Элементарные звенья линейной АСР. Усилительное звено. Интегрирующее звено. Аперидическое звено. Колебательное звено n-го порядка при $n > 1$. Демпфирование колебаний. Дифференцирующее звено. Запаздывающее звено. Их передаточные функции. Отклик звеньев на ступенчатое возмущение на входе. Отклик звеньев на осциллирующее возмущение. Исследование звена реальной АСР на принадлежность типу.

P6	Структурный анализ линейных АСР	
P6.T1	Структурный анализ линейных АСР	Структурная схема линейной АСР. Декомпозиция линейной АСР на элементарные звенья. Описание динамики линейной АСР системой обыкновенных линейных дифференциальных уравнений. Преобразования Лапласа для системы уравнений. Получение системы алгебраических линейных уравнений. Вывод передаточной функции АСР. Построение системы алгебраических уравнений по графу линейной АСР. Получение передаточной функции АСР путем решения системы алгебраических линейных уравнений. Характеристическое уравнение линейной АСР. Степени свободы АСР. АСР с двумя и более степенями свободы. Физический смысл модели АСР с двумя и более степенями свободы.
P6.T2	Передаточные функции простейших структур	Передаточные функции простейших структур. Последовательное и параллельное соединение звеньев. Звено, охваченное обратной связью. Структурные преобразования схем сложных АСР.
P7	Частотные характеристики линейных АСР	
P7. T1	Частотные характеристики линейных АСР	Переходный процесс при подаче на вход линейного звена или линейной АСР частотного возмущения. Частотные характеристики. Амплитудно-фазовая характеристика (АФХ), амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазо-частотная характеристика (ФЧХ). Логарифмическая АЧХ (ЛАЧХ). Логарифмическая единица «децибел».
P7. T2	Построение частотных характеристик элементарных звеньев линейных АСР	Построение АФХ, АЧХ и ФЧХ для усилительного, интегрирующего, апериодического, дифференцирующего и запаздывающего звеньев. Построение АФХ, АЧХ и ФЧХ для колебательного звена n-го порядка при $n > 1$. Собственная частота колебательного звена. Резонанс.
P8	Устойчивость линейных АСР	
P8.T1	Устойчивость линейных АСР	Понятие устойчивости линейных АСР. Устойчивость и корни характеристического уравнения. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной АСР. Анализ устойчивости по положению полюсов передаточной функции на комплексной плоскости.
P8.T2	Критерии устойчивости линейных АСР	Признак устойчивости линейной АСР. Критерий устойчивости Раussa. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста
P9	Статизм и астатизм линейных звеньев и АСР	
P9.T1	Статические и астатические звенья линейных АСР	Понятие статизма и астатизма звена линейной АСР. Порядок астатизма линейной АСР в разомкнутом состоянии. Статизм-астатизм элементарных звеньев.
P9.T2	Статизм и астатизм замкнутых АСР	Статические и астатические линейные АСР. Обеспечение астатизма при регулировании по управляющему воздействию и при регулировании по возмущению.
P10	Показатели качества переходного процесса и параметрический синтез линейных АСР	
P10.T1	Показатели качества переходного процесса	Показатели качества переходного процесса. Колебательность или аperiodичность. Постоянная времени. Метод оценки степени устойчивости и степени колебательности по распределению корней характеристического уравнения. Статизм-астатизм
P10.T2	Простейшие задачи параметрического синтеза	Параметрический синтез. П, ПИ и ПИД-регулятор. Подбор типового закона регулирования для линейной АСР, исходя из особенностей объекта и требований к качеству переходного процесса.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Лабораторные работы

Код раздела, темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P1.T2	1	Создание проекта схемы дистанционного управления краном шаровым в ПТК «Конграф» (Московский завод тепловой автоматики)	8
P10. T2	2	Виртуальная настройка ПИ-регулятора в составе линейной АСР и исследование переходных процессов на модели параметризуемой АСР в среде SimuLink (MATLAB)	9

6.2. Практические занятия

№	Раздел дисциплины	Тема занятия	Объем учебного времени, час.
1	P3.T1	Нахождение общего решения НЛДУ	4
2	P3.T2	Моделирование переходного процесса в объектах с самовыравниванием и без самовыравнивания уровня	4
3	P3.T2	Моделирование переходных процессов в RLC-четыреполюсниках	4
4	P4.T2	Запись передаточной функции по дифференциальному уравнению АСР	2
5	P5.T1	Построение простой и импульсной переходной характеристики для колебательного звена с $D < 0$	2
6	P6.T1	Получение передаточной функции сложной АСР по графу линейной АСР	2
7	P7.T2	Построение частотных характеристик колебательного звена с $D < 0$	6
8	P8.T2	Решение задач на критерии устойчивости Раусса, Михайлова и Найквиста	8
9	P9.T2	Обеспечение астатизма при регулировании по управляющему воздействию	2

3.

4. 4.3.Примерная тематика самостоятельной работы

- 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ**
Не предусмотрено.
- 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ**
Не предусмотрено.
- 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)**
Не предусмотрено.
- 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов**
Не предусмотрено.
- 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)**
Не предусмотрено.
- 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ**
Не предусмотрено.
- 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)**
Р8.Т2. Выведение области устойчивости в плоскости настроек двухпараметрического регулятора (ПИ-регулятора) для АСР, состоящей из последовательного соединения ПИ-регулятора и объекта второго порядка, охваченных обратной связью.
- 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ**
Р1.Т2. Функциональные подсистемы АСУ ТП АЭС.
Р2.Т1. Классификация АСР (автоматических систем регулирования).
Р6.Т1. Получение передаточной функции сложной АСР методом структурных преобразований.
- 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов**
Не предусмотрено.

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Моделирование в среде Simulink
Р1					*							
Р2												*
Р3												*
Р4												*
Р5												*
Р6												*
Р7												*
Р8												*
Р9												*
Р10												*

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

(Приложение 1)

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

9.1.1.Основная литература

1. Трофимов А.И., Егупов Н.Д. и др. Методы теории автоматического управления, ориентированные на применение ЭВМ. М. Энергоатомиздат, 1992.
2. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Теория автоматического управления техническими системами. М.: Изд-во МГУ, 1993.

9.1.2.Дополнительная литература

1. Ключев А.С. Автоматическое регулирование. Энергия, 1973.
2. Воронов Ф.М. Основы теории автоматического регулирования и управления. М. Энергоиздат, 1970.
3. Емельянов И.Я., Ефанов А.И., Константинов Л.В. Научно-технические основы управления ядерными реакторами. М. Энергоиздат, 1981.

9.2.Методические разработки

Не используются.

9.3.Программное обеспечение

SimuLink – MatLab.

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная библиотека Уральского федерального университета – <http://lib.urfu.ru>

9.5.Электронные образовательные ресурсы

1. УМК «Управление технологическими процессами атомных электростанций» Типовые задачи с решениями и MATHCAD программами Часть 1. Разработано в рамках мероприятия 2.5.5.1. Авторы Н.Н.Акифьева, Р.В.Радченко (рекомендуется как учебное пособие при изучении дисциплины «Теория автоматического регулирования» ООП бакалавриата направления 140400 «Ядерная энергетика и теплофизика»)
2. УМК «Управление технологическими процессами атомных электростанций» Типовые задачи с решениями и MATHCAD программами Часть 2. Разработано в рамках мероприятия 2.5.5.1. Авторы Н.Н.Акифьева, Р.В.Радченко (рекомендуется как учебное пособие при изучении дисциплины «Теория автоматического регулирования» ООП бакалавриата направления 140400 «Ядерная энергетика и теплофизика»)

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Специализированная аудитория-лаборатория Т-214 с установленным тренажером «АРМ управления реактором БН-800».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
к рабочей программе дисциплины

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – _____, в том числе, коэффициент значимости курсовой работы –...

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,3		
Текущая аттестация на лекциях -	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>1 контрольная работа.</i>	<i>10 семестр 3 неделя</i>	<i>40</i>
<i>2 контрольная работа.</i>	<i>10 семестр 7 неделя</i>	<i>20</i>
<i>3 контрольная работа.</i>	<i>10 семестр 15 неделя</i>	<i>40</i>
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,6		
Промежуточная аттестация по лекциям - Экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,4		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,4		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>1 практическое занятие, решение задач</i>	<i>10 семестр 1-2 недели</i>	<i>12</i>
<i>2 практическое занятие, решение задач</i>	<i>10 семестр 3-4 недели</i>	<i>12</i>
<i>3 практическое занятие, решение задач</i>	<i>10 семестр 5-6 недели</i>	<i>12</i>
<i>4 практическое занятие, решение задач</i>	<i>10 семестр 7 неделя</i>	<i>6</i>
<i>5 практическое занятие, решение задач</i>	<i>10 семестр 8 неделя</i>	<i>6</i>
<i>6 практическое занятие, решение задач</i>	<i>10 семестр 9 неделя</i>	<i>6</i>
<i>7 практическое занятие, решение задач</i>	<i>10 семестр 10-12 недели</i>	<i>18</i>
<i>8 практическое занятие, решение задач</i>	<i>10 семестр 13-16 недели</i>	<i>22</i>
<i>9 практическое занятие, решение задач</i>	<i>10 семестр 17 неделя</i>	<i>6</i>
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1,0		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена		
Коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по		

практическим/семинарским занятиям– не предусмотрен		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0,3		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Лабораторная работа №1. Защита отчета</i>	<i>10 семестр 7 неделя</i>	50
<i>Лабораторная работа №2. Защита отчета</i>	<i>10 семестр 9 неделя</i>	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1,0		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям– не предусмотрена		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям– не предусмотрен		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
25% выполнения работы	<i>10 семестр 12 неделя</i>	50
75% выполнения работы	<i>10 семестр 14неделя</i>	50
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта 0,5		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – 0,5		

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 10	1

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Не используется.

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения курсовой работы

Р8.Т2.

Пример 1. Вывести область устойчивости в плоскости настроек регулятора с пропорциональной и интегрирующей частями *и аperiodическим объектом*.

Пример 2. Вывести область устойчивости в плоскости настроек регулятора с пропорциональной и интегрирующей частями *и колебательным объектом*.

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Контрольная работа №1. Р1.Т2. Функциональные подсистемы АСУ ТП АЭС.

Дать развернутую характеристику одной из шести функциональных подсистем (по вариантам):

- подсистема сбора, обработки и распределения информации о значениях технологических параметров, положении и состоянии ЗРА (запорно-регулирующей арматуры) и МСН (механизмов собственных нужд);
- подсистема автоматического регулирования;
- подсистема дискретного управления в нормальных режимах;
- подсистема аварийных защит (дискретного управления в аномальных режимах);
- подсистема дистанционного управления ЗРА и МСН;
- интерфейс «оператор-объект»

Контрольная работа №2. Р2.Т1. Классификация АСР (автоматических систем регулирования).

Привести классификацию дискретных АСР.

Привести классификацию релейных АСР.

Контрольная работа №3. Р6.Т1. Получение передаточной функции сложной АСР методом структурных преобразований.

Пользуясь методом «графов», вывести передаточную функцию типовых структур:

- последовательного соединения линейных звеньев;
- параллельного соединения линейных звеньев;
- звена, охваченного жесткой обратной связью
- звена, охваченного обратной связью со звеном на ветви обратной связи.

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено.

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Аппаратура полевого уровня АСУ ТП АЭС.
2. Уровень программируемых логических контроллеров (ПЛК). Profibus.
3. Верхний уровень АСУ ТП АЭС (SCADA уровень). Связь устройств верхнего уровня между собой и с уровнем ПЛК по сети ETHERNET.
4. Понятие программно-технического комплекса АСУ ТП.
5. Функциональные подсистемы АСУ ТП АЭС.
6. Моделирование динамики линейных «точечных» систем обыкновенными линейными дифференциальными уравнениями. Общие решения ОЛДУ и НЛДУ. Возмущающая функция. Принцип суперпозиции в решении ЛДУ. Понятие переходного процесса.

7. Линеаризация нелинейных моделей.
8. Понятие передаточной функции линейной «точечной» непрерывной АСР и ее отдельного звена. Нули и полюса передаточной функции.
9. Структурная схема линейной АСР. Декомпозиция линейной АСР на элементарные звенья. Вывод передаточной функции сложной АСР.
10. Передаточные функции простейших структур. Последовательное и параллельное соединение звеньев. Звено, охваченное обратной связью. Структурные преобразования схем сложных АСР.
11. Операционное преобразование Лапласа. Свойства преобразования Лапласа. Предельная теорема. Теорема запаздывания. Таблица преобразования Лапласа. Формы представления изображений.
12. Переходный процесс при подаче на вход линейного звена или линейной АСР частотного возмущения. Частотные характеристики. Амплитудно-фазовая характеристика (АФХ), амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазо-частотная характеристика (ФЧХ).
13. АФХ, АЧХ и ФЧХ для усилительного, интегрирующего, апериодического, дифференцирующего и запаздывающего звеньев. Построение АФХ, АЧХ и ФЧХ для колебательного звена n -го порядка при $n > 1$. Собственная частота колебательного звена. Резонанс.
14. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной АСР. Анализ устойчивости по положению полюсов передаточной функции на комплексной плоскости.
15. Критерий устойчивости Раусса.
16. Критерий устойчивости Михайлова.
17. Критерий устойчивости Найквиста.
18. Понятие статизма и астатизма звена линейной АСР. Порядок астатизма разомкнутой АСР. Статизм-астатизм элементарных звеньев.
19. Обеспечение астатизма при регулировании по управляющему воздействию.
20. Параметрический синтез. П, ПИ и ПИД-регулятор. Подбор типового закона регулирования для линейной АСР, исходя из особенностей объекта и требований к качеству переходного процесса.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются.

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются.

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КИНЕТИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль КИНЕТИКА И ДИНАМИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ	Код модуля 1134114 Учебный план № 6437
Образовательная программа Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код ОП 14.05.02/01.01
Направление подготовки Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код направления и уровня подготовки 14.05.02
Уровень подготовки Специалист	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 17.08.2015, № 849

Екатеринбург, 2017

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Акифьева Наталья Николаевна		ст.преподаватель	Атомные станции и возобновляем ые источники энергии	
2	Климова Виктория Андреевна		ст.преподаватель	Атомные станции и возобновляем ые источники энергии	

Руководитель модуля

Акифьева Н.Н

Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института

Председатель учебно-методического совета
Протокол № _____ от _____ г.

В.И .Денисенко

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ КИНЕТИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

1.2. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Кинетика ядерных реакторов» входит в базовый модуль «Кинетика и динамика ядерных реакторов», изучается перед дисциплиной «Автоматизированные системы управления АЭС». «Кинетика ядерных реакторов» базируется на результатах изучения дисциплин «Математика», «Физика», «Ядерная физика», «Теория переноса нейтронов», «Теория ядерных реакторов», «Математические методы моделирования физических процессов».

Дисциплина направлена на изучение методов анализа переходных процессов в ядерных установках. Представлены как теоретические основы методов, так и правила их практического применения, в том числе, для оценки нейтронно-физических характеристик органов регулирования реактора.

1.2. Язык реализации программы – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

ОК-1 - способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

ОПК-1 - способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

ПК-2 - способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;

ПК-16 - способность анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы;

ПК-17 - способность проводить нейтронно-физические и тепло-гидравлические расчеты ядерных реакторов в стационарных и нестационарных режимах работы.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- теоретические основы моделирования переходных процессов в ядерных реакторах;
- теоретические основы расчетно-экспериментальных методов, используемых для оценки эффективности органов системы управления и защиты реакторных установок (СУЗ РУ), величины эффектов и коэффициентов реактивности активных зон энергетических ядерных реакторов;
- знать структуру и функции СУЗ РУ.

Уметь:

- решать базовые задачи анализа нейтронной динамики реакторных установок различных типов;
- производить оценку нейтронно-физических характеристик активных зон ядерных реакторов.

Владеть:

- методами оценки нейтронно-физических характеристик активной зоны реакторной установки.

4.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	9 семестр
1.	Аудиторные занятия	102	102	102
2.	Лекции	51	51	51
3.	Практические занятия	51	51	51
4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	96	15, 3	96
6.	Промежуточная аттестация	18	2, 33	Э, 18
7.	Общий объем по учебному плану, час.	216	119, 63	216
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	6		6

*Контактная работа составляет:

в п/п 2,3,4 - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий) и объема времени, выделенного преподавателю на руководство курсовой работой/проектом одного студента, если она предусмотрена.

в п.6 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного студента и объема времени, выделенного в рамках дисциплины на руководство проектом по модулю (если он предусмотрен) одного студента.

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код разделов и тем	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Основные динамические характеристики, определяющие состояние реактора	
P1.T1	T1. Основные динамические характеристики реактора. Реактивность.	Основные характеристики самоподдерживающейся реакции деления. Коэффициент размножения нейтронов. Реактивность. Изменение баланса нейтронов в ядерном реакторе, вследствие изменения состава и конфигурации активной зоны и (или) отражателя. Реактивность как показатель сбалансированности нейтронно-физических процессов. Уравнение кинетики без учета запаздывающих нейтронов. Период реактора. Неуправляемость реактора в состоянии критичности на мгновенных нейтронах.
P1.T2	T2. Запаздывающие нейтроны.	Запаздывающие нейтроны. Природа запаздывающих нейтронов. Шесть групп запаздывающих нейтронов. Характеристики шести групп запаздывающих нейтронов при делении основных топливных нуклидов тепловыми и быстрыми нейтронами. Средние значения эффективной доли запаздывающих нейтронов для реакторов различных типов. Факторы, влияющие на среднее значение эффективной доли запаздывающих нейтронов.
P2	Точечная модель кинетики с учетом запаздывающих нейтронов.	

P2.T1	T1. Вывод уравнения кинетики ядерного реактора с учетом запаздывающих нейтронов из односкоростного нестационарного уравнения диффузии.	Односкоростное нестационарное уравнение диффузии. Условия справедливости односкоростного приближения. Источник на мгновенных нейтронах и источник на запаздывающих нейтронах в односкоростном нестационарном уравнении диффузии. Разделение временной и пространственных переменных в нестационарном уравнении диффузии. Точечное приближение. Условия справедливости точечного приближения. Получение выраженного через реактивность точечного уравнения кинетики с учетом запаздывающих нейтронов. Условия справедливости полученной динамической точечной модели. Применимость модели к реакторам различных типов.
P2.T2	T2. Решение точечного уравнения кинетики для скачка реактивности. Отклик на ступенчатое изменение реактивности	Условие существования точного решения системы уравнений, представляющих точечную модель кинетики реактора. Скачок реактивности. Точечная модель кинетики при вводе постоянной реактивности - система обыкновенных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Решение системы. Корни характеристического уравнения системы. Качественное представление решения уравнения обратных часов для шести групп запаздывающих нейтронов. Асимптотический период. Формула обратных часов. Переходный процесс при положительном скачке реактивности. Переходный процесс при отрицательном скачке реактивности. Методы градуировки и взвешивания поглотителей СУЗ, основанные на использовании закономерностей переходных процессов при скачках реактивности. Метод разгона. Метод скачка. Отклик на линейное изменение реактивности во времени.
P3	Температурные обратные связи в ядерных реакторах	
P3.T1	T1. Температурные обратные связи в тепловых и быстрых реакторах	Температурные обратные связи в гомогенном реакторе. Модели для расчетной оценки температурных коэффициентов обратных связей в гомогенном реакторе. Температурные обратные связи в гетерогенных тепловых реакторах. Модели для расчетной оценки коэффициентов температурных обратных связей в гетерогенных тепловых реакторах. Температурные обратные связи в быстрых реакторах. Качественное представление о температурных обратных связях в быстрых реакторах. «Водородный» эффект реактивности в быстрых реакторах.
P3.T2	T2. Мощностной и температурный эффекты и коэффициенты реактивности	Коэффициенты и интегральные эффекты реактивности при изменении температуры компонентов аз. Мгновенные и запаздывающие эффекты. Оперативное понятие мощностного и температурного коэффициента и эффекта реактивности. Передаточная функция реактора с температурными обратными связями. Необходимое и достаточное условие устойчивости реактора с температурными обратными связями.
P4	Изменение изотопного состава активной зоны ядерного реактора	
P4.T1	T1. Общая модель, описывающая изменение во времени концентрации нуклидов	Общие сведения. Общая модель, описывающая изменение во времени концентрации любого нуклида активной зоны. Классификация нуклидов по взаимодействию с нейтронами. Выделение процессов выгорания, воспроизводства, отравления и шлакования. Нуклиды, участвующие в процессах, их ядерно-физические свойства.
P4.T2	T2. Выгорание и воспроизводство ядерного горючего	Дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации топливных нуклидов во времени для тепловых и быстрых реакторов. Решение дифференциальных уравнений для основных топливных нуклидов. Глубина выгорания.
P4.T3	T3. Шлакование и отравление ядерного реактора	Дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации шлаков во времени для тепловых реакторов. Аппроксимация сечения поглощения нейтронов шлаками для уранового топлива в зависимости от глубины выгорания. Коэффициент шлакования реактора. Практическая оценка шлакования реактора в различные моменты кампании. Отравление реактора ксеноном. Модель, позволяющая получить расчетную оценку отравления ксеноном. Переходный процесс изменения реактивности, вызванного изменением концентрации ксенона и йода при переходах мощности. Нестационарное и стационарное отравление. Отравление самарием. Модель отравления самарием.

P5	Баланс реактивности и функции органов регулирования СУЗ. Способы регулирования реакторов различных типов.	
P5.T1	T1. Оперативный и неоперативный баланс реактивности в ядерном реакторе	Оперативный и неоперативный баланс реактивности. Компенсация «быстрых» и «медленных» эффектов реактивности. Функции ОР СУЗ: автоматическое регулирование (АР); компенсация и перекомпенсация (КР); аварийная защита (АЗ).
P5.T2	T2. Взвешивание и градуировка ОР СУЗ	Оценка необходимой эффективности ОР СУЗ, выполняющих функции АР, КР и АЗ. Нейтронно-физические характеристики (НФХ) ОР СУЗ. Взвешивание и градуировка ОР СУЗ. Метод перекомпенсации. Использование «реактиметра» для получения НФХ ОР. Жидкостное регулирование. Выгорающие поглотители. Требования ПБЯ к эффективности ОР СУЗ, выполняющих различные функции
P6	Система управления и защиты реактора	
P6. T1		Назначение системы управления и защиты реакторной установки (СУЗ РУ). Подсистемы СУЗ: АКНП (аппаратура контроля нейтронного потока), АРМ РУ (автоматический регулятор мощности), РОМ РУ (разгрузчик и ограничитель мощности), АЗ (аварийная защита), подсистема дистанционного управления приводами органов, пульт управления реакторной установкой.

6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.2. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

7. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены.

6.4. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2.T1	1	Однокоростное нестационарное уравнение диффузии. Запись в различных формах и координатных системах.	5
P2.T1	2	Разделение временной и пространственных переменных в нестационарном уравнении диффузии. Точечное приближение. Условия справедливости точечного приближения.	6
P2.T2	3	Асимптотический период. Формула обратных часов. Переходный процесс нейтронной мощности в критическом реакторе при положительном скачке реактивности.	2
P2.T2	4	Переходный процесс нейтронной мощности в критическом реакторе при отрицательном скачке реактивности.	2
P2.T2	5	Переходный процесс нейтронной мощности в реакторе при линейном росте реактивности. Опасность входа в мгновенную критичность до достижения контролируемого уровня мощности.	2
P2.T2	6	Методы градуировки поглотителей СУЗ, основанные на использовании закономерностей переходных процессов при скачках реактивности. Метод разгона.	2
P2.T2	7	Методы взвешивания поглотителей СУЗ, основанные на использовании закономерностей переходных процессов при скачках реактивности. Метод скачка.	2
P3.T1	8	Модели для расчетной оценки температурных коэффициентов обратных связей в гомогенном реакторе.	4
P3.T1	9	Модели для расчетной оценки коэффициентов температурных обратных связей в гетерогенных тепловых реакторах.	4
P3.T2	10	Передаточная функция реактора с температурными обратными связями. Необходимое и достаточное условие устойчивости реактора с температурными	2

		обратными связями.	
P4.T1	11	Выделение процессов выгорания, воспроизводства, отравления и шлакования. Нуклиды, участвующие в процессах, их ядерно-физические свойства.	2
P4.T2	12	Дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации топливных нуклидов во времени для тепловых реакторов. Решение дифференциальных уравнений для основных топливных нуклидов.	2
P4.T2	13	Дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации топливных нуклидов во времени для быстрых реакторов. Решение дифференциальных уравнений для основных топливных нуклидов.	2
P4.T3	14	Отравление реактора ксеноном. Модель, позволяющая получить расчетную оценку отравления ксеноном.	2
P4.T3	15	Дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации шлаков во времени для тепловых реакторов.	2
P5.T1	16	Оперативный баланс реактивности. Компенсация «быстрых» эффектов реактивности.	2
P5.T1	17	Решение задач на оценку требуемой эффективности стержня AP для автоматического регулирования мощности ЯЭР в различных состояниях	4
P5.T2	18	Вывод обращенного уравнения кинетики для программирования «реактиметра»	4
Всего:			51

5.

6. 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.4. Примерный перечень тем домашних работ

1 работа. P2. Преобразование Лапласа для точечного уравнения кинетики с учетом запаздывающих нейтронов в двухскоростном приближении. Нахождение корней характеристического уравнения.

2 работа. P3. Расчетная оценка температурных коэффициентов обратных связей в гомогенном реакторе.

3 работа. P5. Построение интегральной и дифференциальной градуировочных характеристик стержня СУЗ по данным эксперимента с «разгоном» ядерного реактора («метод разгона»).

4.3.5. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

4.3.6. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

5.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

5.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

5.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено.

5.3.8. Примерная тематика контрольных работ

P1. Коэффициент размножения нейтронов. Реактивность. Изменение баланса нейтронов в ядерном реакторе, вследствие изменения состава и конфигурации активной зоны и (или) отражателя. Реактивность как показатель сбалансированности нейтронно-физических процессов. Вывод и решение элементарного уравнения кинетики без учета запаздывающих нейтронов.

4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

6. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения					Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение						
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Моделирование в среде Simulink
P1												*
P2												*
P3												*
P4								*				*
P5								*				
P6								*				

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

9.1.1.Основная литература

- 1.Казанский Ю.А. Кинетика ядерных реакторов. Обнинск. ИАТЭ, 2003.
- 2.Семенов В.К. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. Иваново, Иван.гос.энерг.ун-т, 2009.
- 3.Ильченко А.Г. Переходные и нестационарные процессы в ядерных реакторах. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. Иваново, Иван.гос.энерг.ун-т, 2001.
- 4.Богачек Л.Н. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов ВВЭР. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. Иваново, Иван.гос.энерг.ун-т, 2001.

9.1.2.Дополнительная литература

- 1.Дементьев Б.А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. М. Энергоатомиздат, 1986.
- 2.Митенков Ф.М., Чирков В.А. Физические основы управления ЯЭУ. Горький, Изд-во Горьковского политехнического института, 1979.
- 3.Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов. М. Энергоатомиздат, 1981.
- 4.Емельянов И.Я., Ефанов А.И., Константинов Л.В. Научно-технические основы управления ядерными реакторами. М. Энергоиздат, 1981.
- 5.Шульц. Регулирование энергетических ядерных реакторов. М., «Иностранная литература», 1957.
- 6.Хетрик Д. Динамика ядерных реакторов. М. Атомиздат, 1977.
- 7.Харпер Дж. Техника регулирования ядерных реакторов. М. Атомиздат, 1967.

9.2.Методические разработки

Не используются.

9.3.Программное обеспечение

SimuLink – MatLab.

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека УРФУ – <http://lib.urfu.ru>

9.5.Электронные образовательные ресурсы

УМК №8425 по каталогу ЭОР на портале study.urfu.ru в свободном доступе.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Специализированная аудитория-лаборатория Т-214 с установленным тренажером «АРМ управления реактором БН-800».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
к рабочей программе дисциплины

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины –

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,5		
Текущая аттестация на лекциях–	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение, конспектирование</i>	<i>9 семестр 1-17 неделя</i>	<i>1 балл в неделю</i>
<i>1 домашняя работа.</i>	<i>9 семестр 7 неделя</i>	<i>20</i>
<i>2 домашняя работа.</i>	<i>9 семестр 12 неделя</i>	<i>20</i>
<i>3 домашняя работа.</i>	<i>9 семестр 15 неделя</i>	<i>20</i>
<i>Контрольная работа</i>	<i>9 семестр 3 неделя</i>	<i>23</i>
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,6		
Промежуточная аттестация по лекциям - Экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,4		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>1 практическое занятие, решение задач</i>	<i>9 семестр 1 неделя</i>	<i>6</i>
<i>2 практическое занятие, решение задач</i>	<i>9 семестр 2 неделя</i>	<i>6</i>
<i>3 практическое занятие, решение задач</i>	<i>9 семестр 3 неделя</i>	<i>6</i>
<i>4 практическое занятие, решение задач</i>	<i>9 семестр 4 неделя</i>	<i>6</i>
<i>5 практическое занятие, решение задач</i>	<i>9 семестр 5 неделя</i>	<i>6</i>
<i>6 практическое занятие, решение задач</i>	<i>9 семестр 6 неделя</i>	<i>6</i>
<i>7 практическое занятие, решение задач</i>	<i>9 семестр 7 неделя</i>	<i>6</i>
<i>8 практическое занятие, решение задач</i>	<i>9 семестр 8 неделя</i>	<i>6</i>
<i>9 практическое занятие, решение задач</i>	<i>9 семестр</i>	<i>6</i>

	9 неделя	
10 практическое занятие, решение задач	9 семестр 10 неделя	6
11 практическое занятие, решение задач	9 семестр 11 неделя	5
12 практическое занятие, решение задач	9 семестр 12 неделя	5
13 практическое занятие, решение задач	9 семестр 13 неделя	5
14 практическое занятие, решение задач	9 семестр 14 неделя	5
15 практическое занятие, решение задач	9 семестр 15 неделя	5
16 практическое занятие, решение задач	9 семестр 16 неделя	5
17 практическое занятие, решение задач	9 семестр 17 неделя	5
18 практическое занятие, решение задач	9 семестр 18 неделя	5
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1,0		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрена коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрен		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрены		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта не предусмотрено

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 9	1

*В случае проведения промежуточной аттестации по дисциплине (экзамена, зачета) методом тестирования используются официально утвержденные ресурсы: АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ, имеющие статус ЭОР УрФУ; ФЭПО (www.fepo.rf); Интернет-тренажеры (www.i-exam.ru).

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Не используется.

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения домашних работ

- 1 работа. P2.** Найти корни характеристического уравнения для объекта второго порядка с самовыравниванием.
- 2 работа. P3.** Выполнить оценку температурного коэффициента для вероятности избежать утечки тепловых нейтронов.
- 3 работа. P5.** Построение интегральной градуировочной характеристики стержня AP по таблице нейтронной мощности в эксперименте с «разгоном» ядерного реактора («метод разгона»).

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Задача. Построить график разгона $n(t)/n(0)$ «мгновенно-критичного» реактора на U-235 с временем жизни нейтронов 10^{-3} с и коэффициентом размножения $k=1,01$, пользуясь элементарным уравнением кинетики без учета запаздывающих нейтронов.

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено.

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

(примеры билетов)

Билет 1.

1. Понятие коэффициента размножения нейтронов.
2. Температурный и мощностной коэффициенты и эффекты реактивности.
3. Односкоростное нестационарное уравнение диффузии.

Билет 2.

1. Понятие реактивности ядерного реактора.
2. Температурные обратные связи по реактивности в гетерогенном тепловом реакторе.
3. Условия справедливости точечного приближения в моделях кинетики.

Билет 3.

1. Нейтронно-физические характеристики ядерного реактора.
2. Саморегулируемость и самозащищенность ядерного реактора.
3. Общая модель, описывающая изменение во времени концентрации любого нуклида активной зоны.

Билет 4.

1. Простейшее уравнение кинетики ядерного реактора.
2. Реактор с температурными обратными связями по реактивности (структурная схема).
3. Общая характеристика процессов выгорания, воспроизводства, отравления и шлакования.

Билет 5.

1. Запаздывающие нейтроны. Характеристики запаздывающих нейтронов.
2. Решение уравнения кинетики для положительного скачка реактивности.

3. Дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации топливных нуклидов во времени для тепловых и быстрых реакторов.

Билет 6.

1. Вывод уравнения кинетики с учетом запаздывающих нейтронов.
2. Температурный коэффициент и эффект реактивности ядерного реактора.
3. Глубина выгорания.

Билет 7.

1. Решение уравнения кинетики для положительного скачка реактивности в критическом реакторе.
2. Саморегулируемость ядерного энергетического реактора.
3. Коэффициент шлакования реактора.

Билет 8.

1. Решение уравнения кинетики для отрицательного скачка реактивности в критическом реакторе.
2. Понятие «период реактора».
3. Нестационарное и стационарное отравление.

Билет 9.

1. Линейное изменение реактивности. «Пусковая» авария.
2. Температурные коэффициенты реактивности для сомножителей «формулы четырех сомножителей».
3. Оперативный и неоперативный баланс реактивности.

Билет 10.

1. Формула «обратного часа» и ее практическое использование.
2. Влияние температуры различных компонентов активной зоны на значение β - «коэффициента использования тепловых нейтронов» в тепловом реакторе.
3. Переходный процесс изменения реактивности, вызванного изменением концентрации ксенона и иода при переходах мощности.

Билет 11.

1. Дифференциальная и интегральная градуировочные характеристики стержней АР СУЗ.
2. Структурная схема АСР «реактор с обратными связями».
3. Дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации шлаков во времени для тепловых реакторов.

Билет 12.

1. Метод «разгона» и его использование для градуировки стержней СУЗ.
2. Качественное представление температурных обратных связей в быстром реакторе.
3. Компенсация «быстрых» и «медленных» эффектов реактивности.

Билет 13.

1. Метод «скачка потока нейтронов» и его использование для взвешивания стержней СУЗ.
2. «Натриевый пустотный эффект реактивности» (НПР) в быстром реакторе.
3. Температурные обратные связи в гомогенном реакторе.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются.

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются.

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются.