

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

УПРАВЛЕНИЕ ЯДЕРНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 15.03.04 Автоматизация технологических
процессов и производств

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
7	1	36	15	0	15	6	0	3
8	1	36	12	0	12	12	0	3
Итого	2	72	27	0	27	0	18	

АННОТАЦИЯ

В результате изучения дисциплины студенты знакомятся с основными физическими процессами в ядерных реакторах и их математическими моделями, контрольно-измерительной аппаратурой и автоматизированными системами контроля, диагностики и управления ЯЭУ, осваивают методы анализа и синтеза систем автоматического регулирования нейтронной мощностью и распределением нейтронного поля ядерного реактора.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Управление ядерными энергетическими установками» являются:

- получение знаний об основных динамических процессах в активной зоне ядерных реакторах, их математическому моделированию, способах и средствах контроля и управления ядерными энергетическими установками;
- знакомство с теоретическими основами и практическими подходами к анализу и синтезу систем управления мощностью ядерного реактора;
- приобретение практических навыков в исследовании характеристик ядерных реакторов и аппаратуры систем контроля и управления.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина является основой для подготовки выпускников университета к выполнению заданий в процессе изучения других специальных дисциплин по специализации, выполнения учебных видов практики и дипломного проектирования.

Для изучения данной дисциплины студент должен обладать знаниями:

- по следующим разделам математики: обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, теория вероятностей и математическая статистика;
- по основным разделам физики;
- по основам электроники;
- по курсу “Теоретические основы информационной техники”;
- по курсу “Теория автоматического управления”.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание	Код и наименование индикатора достижения профессиональной
--	---------------------------	---	---

		(профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	компетенции
научно-исследовательский			
Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	информационно-измерительные системы, системы контроля и управления ядерно-физических установок и производств атомной отрасли	<p>ПК-1.1 [1] - Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и производств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-1.1[1] - знать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и производств;</p> <p>У-ПК-1.1[1] - уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и производств;</p> <p>В-ПК-1.1[1] - владеть современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и производств</p>
Математическое моделирование физических, технологических процессов и	информационно-измерительные системы, системы контроля и управления	ПК-1.2 [1] - Способен к теоретическому и экспериментальному исследованию технологических	З-ПК-1.2[1] - знать методы моделирования технологических и информационных

<p>алгоритмов контроля и управления, режимов эксплуатации ядерно-физических и физических установок, в том числе с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, а также с применением специально разрабатываемого программного обеспечения</p>	<p>ядерно-физических установок и производств атомной отрасли</p>	<p>процессов и алгоритмов управления в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и производств на основе моделей</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>процессов и процессов управления в системах контроля и управления; У-ПК-1.2[1] - уметь разрабатывать физико-математические модели объекта контроля и управления и алгоритмы управления физическими и ядерно-физическими установками; В-ПК-1.2[1] - владеть современными информационными технологиями, программно-инструментальными средствами, инженерными пакетами САПР для проведения научных исследований и вычислительных экспериментов</p>
<p>Проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов, составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления научных обзоров, отчетов и публикаций</p>	<p>информационно-измерительные системы, системы контроля и управления ядерно-физических установок и производств атомной отрасли</p>	<p>ПК-1.3 [1] - способен к обобщению и формулированию результатов исследований, к представлению их на конференциях, к подготовке публикаций, к оформлению объектов интеллектуальной собственности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-1.3[1] - знать основные требования к составлению научных отчетов и оформлению других результатов интеллектуальной деятельности; У-ПК-1.3[1] - уметь использовать информационные технологии для представления результатов НИР; В-ПК-1.3[1] - владеть навыками представления и защиты результатов НИР в профессиональной среде</p>
<p>Изучение и анализ научно-технической</p>	<p>киберфизические информационно-</p>	<p>ПК-3.1 [1] - Способен использовать научно-</p>	<p>3-ПК-3.1[1] - знать отечественный и</p>

<p>информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</p>	<p>измерительные системы, системы контроля и управления ядерно-физических установок и производств атомной отрасли</p>	<p>техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и производств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и производств; У-ПК-3.1[1] - уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и производств; В-ПК-3.1[1] - владеть современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и производств</p>
<p>Математическое моделирование физических, технологических процессов и алгоритмов контроля и управления, режимов эксплуатации ядерно-физических и физических установок, в том числе с</p>	<p>киберфизические информационно-измерительные системы, системы контроля и управления ядерно-физических установок и производств атомной отрасли</p>	<p>ПК-3.2 [1] - Способен к теоретическому и экспериментальному исследованию технологических процессов и алгоритмов управления в области контроля, управления и защиты ядерно-физических объектов и</p>	<p>З-ПК-3.2[1] - знать методы моделирования технологических и информационных процессов и процессов управления в киберфизических системах контроля и управления; У-ПК-3.2[1] - уметь</p>

<p>использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, а также с применением специально разрабатываемого программного обеспечения</p>		<p>производств на основе моделей</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>разрабатывать физико-математические модели объекта контроля и управления и алгоритмы управления физическими и ядерно-физическими установками; В-ПК-3.2[1] - владеть современными информационными технологиями, программно-инструментальными средствами, инженерными пакетами САПР для проведения научных исследований и вычислительных экспериментов</p>
<p>Проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов, составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления научных обзоров, отчетов и публикаций</p>	<p>киберфизические информационно-измерительные системы, системы контроля и управления ядерно-физических установок и производств атомной отрасли</p>	<p>ПК-3.3 [1] - способен к обобщению и формулированию результатов исследований, к представлению их на конференциях, к подготовке публикаций, к оформлению объектов интеллектуальной собственности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-3.3[1] - знать основные требования к составлению научных отчетов и оформлению других результатов интеллектуальной деятельности; У-ПК-3.3[1] - уметь использовать информационные технологии для представления результатов НИР; В-ПК-3.3[1] - владеть навыками представления и защиты результатов НИР в профессиональной среде</p>
<p>проектно-конструкторский</p>			
<p>Проектирование электронных систем, информационно-измерительных систем, систем управления и автоматизации и их</p>	<p>информационно-измерительные системы, системы контроля и управления ядерно-физических</p>	<p>ПК-1.6 [1] - способен к разработке компьютерных систем сбора, передачи и обработки данных в системах контроля и</p>	<p>З-ПК-1.6[1] - знать современные стандарты, технологии и языки программирования, основные интерфейсы</p>

<p>структурных элементов, включая аппаратное и программное обеспечение, в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования и современных информационных технологий, с учетом экологических требований и требований безопасной работы</p>	<p>установок и производств атомной отрасли</p>	<p>управления ядерно-физических объектов и производств атомной отрасли</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>и принципы построения промышленных компьютерных сетей; У-ПК-1.6[1] - уметь применять современную методологию разработки компьютерных систем и сетей; В-ПК-1.6[1] - владеть современными пакетами САПР, интегрированными средами разработки, средствами анализа данных</p>
<p>Проектирование электронных систем, киберфизических устройств, информационно-измерительных систем, систем управления и автоматизации и их структурных элементов, включая аппаратное и программное обеспечение, в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования и современных информационных технологий, с учетом экологических требований и требований безопасной работы</p>	<p>киберфизические информационно-измерительные системы, системы контроля и управления ядерно-физических установок и производств атомной отрасли</p>	<p>ПК-3.6 [1] - способен к разработке компьютерных систем сбора, передачи и обработки данных в киберфизических системах контроля и управления ядерно-физических объектов и производств атомной отрасли</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-3.6[1] - знать современные стандарты, технологии и языки программирования, основные интерфейсы и принципы построения промышленных компьютерных сетей; У-ПК-3.6[1] - уметь применять современную методологию разработки компьютерных систем и сетей; В-ПК-3.6[1] - владеть современными пакетами САПР, интегрированными средами разработки, средствами анализа данных</p>
<p>организационно-управленческий</p>			
<p>Организация и контроль работы малых трудовых коллективов по выполнению научно-технических проектов, планирование работы персонала и фондов</p>	<p>киберфизические информационно-измерительные системы, системы контроля и управления ядерно-физических установок и</p>	<p>ПК-3.8 [1] - Способен организовывать работы малых коллективов исполнителей, планировать работы персонала, составлять инструкции, подготавливать заявки</p>	<p>З-ПК-3.8[1] - Знать основные принципы и законодательные акты, регулирующие организацию работы малых коллективов исполнителей, планирование работы</p>

оплаты труда, составление технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование и т. п.), а также установленной отчетности по утвержденным формам	производств атомной отрасли	на материалы и оборудование <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.033	персонала, нормативы по составлению технической документации; У-ПК-3.8[1] - Уметь проводить организацию работы малых коллективов исполнителей, планирование работы персонала, составлять техническую документацию по утвержденным формам; В-ПК-3.8[1] - Владеть навыками организации работы малых коллективов исполнителей, планирования работы персонала, навыками подготовки и оформления технической документации по утвержденным формам
---	-----------------------------	---	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального

		<p>модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)</p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	8/0/8		25	КИ-8	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2
2	Раздел 2	9-15	7/0/7		25	КИ-15	3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.6, У-ПК-1.6, В-ПК-1.6
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		15/0/15		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-1.1, У-ПК-

							1.1, В- ПК- 1.1, 3-ПК- 1.2, У- ПК- 1.2, В- ПК- 1.2, 3-ПК- 1.3, У- ПК- 1.3, В- ПК- 1.3, 3-ПК- 1.6, У- ПК- 1.6, В- ПК- 1.6
	<i>8 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	6/0/6		25	КИ-8	3-ПК- 1.1, У- ПК- 1.1, В- ПК- 1.1, 3-ПК- 1.6, У- ПК- 1.6, В- ПК- 1.6
2	Раздел 2	9-14	6/0/6		25	КИ-14	3-ПК- 1.2, У- ПК- 1.2, В- ПК-

							1.2, 3-ПК- 1.3, У- ПК- 1.3, В- ПК- 1.3
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		12/0/12		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	3-ПК- 3.1, У- ПК- 3.1, В- ПК- 3.1, 3-ПК- 3.2, У- ПК- 3.2, В- ПК- 3.2, 3-ПК- 3.3, У- ПК- 3.3, В- ПК- 3.3, 3-ПК- 3.6, У- ПК- 3.6, В- ПК- 3.6, 3-ПК- 3.8, У- ПК- 3.8, В- ПК- 3.8, 3-ПК- 1.1,

							У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.6, У-ПК-1.6, В-ПК-1.6
--	--	--	--	--	--	--	--

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	15	0	15
1-8	Раздел 1	8	0	8
1 - 2	Тема №1. Ядерный реактор как объект управления Введение. Классификация ядерных реакторов Компоненты активной зоны ЯР. Основные характеристики различных	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		

	типов исследовательских и энергетических ядерных реакторов. Тенденции в создании перспективных ЯР. Основные физические процессы в ЯР. Виды моделирования динамических процессов. Представление математических моделей. Элементы структурных моделей. Простейшая функциональная схема и структурная модель нейтронной кинетики. Источник нейтронов.	0	0	0
3 - 4	Тема №2. Модели нейтронной кинетики Структурная модель нейтронной кинетики на мгновенных нейтронах. Понятия утечки нейтронов, эффективного коэффициента размножения, реактивности. Критическое, надкритическое и подкритическое состояния реактора. Модель генерации запаздывающих нейтронов. Решение уравнений нейтронной кинетики при различных воздействиях по реактивности. Статика и динамика подкритического реактора. Зависимость «обратного умножения» нейтронов. Пуск реактора из подкритического состояния	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Тема №3. Динамика ядерного реактора Диапазон изменения мощности и основные режимы работы ЯР. Особенности энергетического режима. Температурные эффекты и коэффициенты реактивности. Теплофизические процессы в ядерном реакторе. Динамика нуклидного состава активной зоны. Изменение характеристик ЯР в процессе кампании реактора. Запас реактивности.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Тема №4. Контроль и измерение нейтронно-физических параметров ЯР Контроль мощности ЯР по плотности потока нейтронов (ППН). Состав канала контроля плотности потока нейтронов. Основные типы детекторов нейтронов для контроля ППН в ядерных реакторах и их характеристики.. Импульсные, токовые и флуктуационные каналы контроля ППН, их структура, схемотехника и характеристики. Основные параметры ЯР, контролируемые по ППН, для управления и физических измерений. Структурная модель канала контроля основных параметров реактора. Структура широкодиапазонного канала контроля. Вычислители периода (времени удвоения) и относительной скорости изменения мощности ЯР. Вычислители реактивности. Основные источники погрешностей периодометров и реактиметров. Защита ядерного реактора по мощности и периоду.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Раздел 2	7	0	7
9 - 12	Тема №5. Контроль и измерение теплогидравлических параметров ЯР Контроль мощности ЯР по теплофизическим параметрам. Введение в реакторную термометрию. Датчики и каналы измерения температуры. Погрешности измерений. Применение датчиков температуры на АЭС. и их техническое обслуживание. Датчики давления и их классификация. Измерительные преобразователи сигналов датчиков давления. Передача сигналов давления.	Всего аудиторных часов		
		4	0	4
		Онлайн		
		0	0	0

	Импульсные линии. Применение датчиков давления на АЭС и их техническое обслуживание. Датчики расхода и скорости потока, используемые на АЭС. Измерительные преобразователи сигналов расходомеров. Применение расходомеров на АЭС.и их техническое обслуживание.			
13 - 15	Тема №6. Методы и средства управления ЯР Способы управления цепной реакцией в ЯР. Органы регулирования и исполнительные механизмы (ИМ) систем управления и защиты ЯР. Основные функциональные требования к ИМ СУЗ. Блок-схема и структурная математическая модель исполнительного механизма РО СУЗ. Контроль положения РО СУЗ на АЭС и исследовательских реакторах. Основные характеристики РО СУЗ, важные для управления ЯР: эффективность РО, дифференциальная и интегральная характеристики. Методы определения реактивности (подкритичности) ЯР и эффективности РО СУЗ. Определение эффективности групп стержней. Борное регулирование реактора ВВЭР.	Всего аудиторных часов		
		3	0	3
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>8 Семестр</i>	12	0	12
1-8	Раздел 1	6	0	6
1 - 4	Лабораторная работа №5. Линейная САР нейтронной мощности. Изучение работы линейной САР нейтронной мощности. Применение методов анализа и синтеза линейной САР.	Всего аудиторных часов		
		4	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	Лабораторная работа №6. Релейная САР нейтронной мощности. Изучение работы нелинейной САР нейтронной мощности. Применение методов анализа и синтеза релейной САР.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
9-14	Раздел 2	6	0	6
9 - 12	Лабораторная работа №7. Оптимальная по быстродействию релейная САР нейтронной мощности. Изучение работы релейной САР нейтронной мощности оптимальной по быстродействию. Применение методов анализа и синтеза оптимальной САР.	Всего аудиторных часов		
		4	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 16	Лабораторная работа №8. Система управления нейтронным полем ядерного реактора. Изучение работы регуляторов ЛАР и ЛАР-БИК на модели одномерного реактора. Изучение методик контроля подкритичности ядерного реактора.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты

ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 4	Лабораторная работа №1. Кинетика реактора «нулевой» мощности. Изучение нейтронной кинетики реактора. Определение веса групп стержней СУЗ методом сброса из критического состояния. Определение критического положения извлекаемых.
5 - 8	Лабораторная работа №2. Динамика реактора в энергетическом диапазоне мощности. Изучение динамики реактора с температурными обратными связями. Определение мощностного коэффициента реактивности реактора. Подъем мощности реактора до номинального стационарного уровня.
9 - 12	Лабораторная работа №3. Детекторы и каналы контроля нейтронного потока. Изучение физических принципов работы детекторов нейтронов. Ознакомление с конструкцией промышленных детекторов и их характеристиками. Изучение современных принципов построения информационно-измерительных систем, методов сбора и обработки данных измерений.
13 - 15	Лабораторная работа №4. Исследовательский реактор ИРТ. Ознакомление с конструкцией и характеристиками, системами контроля, управления и безопасности реактора ИРТ МИФИ. Экскурсия на реактор ИРТ МИФИ.
	<i>8 Семестр</i>
1 - 4	Тема №5. Линейная САР нейтронной мощности. Цель: - изучение работы линейной САР нейтронной мощности; - практическое применение методов анализа и синтеза линейной САР; - овладение навыками создания регуляторов. Форма проведения Лабораторная работа. Контроль достижения цели: Отчет с результатами выполнения работы.
5 - 8	Тема №6. Релейная САР нейтронной мощности. Цель: - изучение работы нелинейной САР нейтронной мощности; - практическое применение методов анализа и синтеза релейной САР; - овладение навыками создания регуляторов. Форма проведения Лабораторная работа. Контроль достижения цели:

	Отчет с результатами выполнения работы
9 - 12	<p>Тема №7. Оптимальная по быстродействию релейная САР нейтронной мощности.</p> <p>Цель:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучение работы релейной САР нейтронной мощности оптимальной по быстродействию; - практическое применение методов анализа и синтеза оптимальной САР; - овладение навыками создания регуляторов. <p>Форма проведения Лабораторная работа.</p> <p>Контроль достижения цели: Отчет с результатами выполнения работы.</p>
13 - 14	<p>Тема №8. Система управления нейтронным полем ядерного реактора.</p> <p>Цель:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучение работы регуляторов ЛАР и ЛАР-БИК на модели одномерного реактора; - изучение методик контроля подкритичности; - овладение навыками создания регуляторов и проведения измерений полей нейтронов и подкритичности. <p>Форма проведения Лабораторная работа.</p> <p>Контроль достижения цели: Отчет с результатами выполнения работы.</p>

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 1 Чтение лекций.
- 2 Проведение лабораторных работ.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-3.1	З-ПК-3.1		3
	У-ПК-3.1		3
	В-ПК-3.1		3
ПК-3.2	З-ПК-3.2		3
	У-ПК-3.2		3
	В-ПК-3.2		3
ПК-3.3	З-ПК-3.3		3
	У-ПК-3.3		3
	В-ПК-3.3		3

ПК-3.6	З-ПК-3.6		3
	У-ПК-3.6		3
	В-ПК-3.6		3
ПК-3.8	З-ПК-3.8		3
	У-ПК-3.8		3
	В-ПК-3.8		3
ПК-1.1	З-ПК-1.1	3, КИ-8	3, КИ-8
	У-ПК-1.1	3, КИ-8	3, КИ-8
	В-ПК-1.1	3, КИ-8	3, КИ-8
ПК-1.2	З-ПК-1.2	3, КИ-8	3, КИ-14
	У-ПК-1.2	3, КИ-8	3, КИ-14
	В-ПК-1.2	3, КИ-8	3, КИ-14
ПК-1.3	З-ПК-1.3	3, КИ-15	3, КИ-14
	У-ПК-1.3	3, КИ-15	3, КИ-14
	В-ПК-1.3	3, КИ-15	3, КИ-14
ПК-1.6	З-ПК-1.6	3, КИ-15	3, КИ-8
	У-ПК-1.6	3, КИ-15	3, КИ-8
	В-ПК-1.6	3, КИ-15	3, КИ-8

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	А	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в
60-64			

			изложении программного материала.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ И88 Исследовательский ядерный реактор ИРТ МИФИ : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 621.039 И88 Исследовательский ядерный реактор ИРТ МИФИ : учебное пособие по эксплуатационной практике, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
4. 621.039 Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. ЭИ В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. ЭИ Ф50 Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие для вузов, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. 621.039 Д30 Кинетика и регулирование ядерных реакторов : Учеб. пособие для вузов, Б.А. Дементьев, М.: Энергоатомиздат, 1986
5. 621.039 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : сборник задач, В. В. Архипов [и др.] ; ред. : В. И. Деев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
6. 621.039 Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : Учеб. пособие для вузов, В. И. Наумов, М.: МИФИ, 2003

7. 681.3 А46 Персональный аналоговый компьютер : , Г. Н. Алексаков, В. В. Гаврилин, В. А. Федоров, М.: Энергоатомиздат, 1992
8. 620.91 Х21 Техника регулирования ядерных реакторов : , Дж. Харрер, М.: Атомиздат, 1967
9. 621.039 Е60 Научно-технические основы управления ядерными реакторами : , И. Я. Емельянов, А. И. Ефанов, Л. В. Константинов ; ред. : Н. А. Доллежала, М.: Энергоиздат, 1981
10. 621.039 Ф50 Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие для вузов, С. Б. Выговский [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
11. 621.039 Ф53 Управление нейтронным полем ядерного реактора : , Филипчук Е.В.,Потапенко П.Т.,Постников В.В., М.: Энергоиздат, 1981
12. 621.039 Ю74 Системы управления энергетическими реакторами : , Юркевич Г.П., М.: Элекс-КМ, 2001

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомьтесь с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для проведения лабораторных занятий.

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории и при посещении реактора ИРТ МИФИ.

Перед выполнением лабораторной работы провести самостоятельно подготовку к работе, изучив основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, не допуская по возможности неправильных действий.

Основные результаты экспериментов зафиксировать в письменном и в электронном виде.

При сдаче зачета по работе подготовить отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

3. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

По результатам контроля преподавателем выставляются баллы за соответствующие разделы курса. Если количество баллов меньше указанного в программе, в конце семестра студент должен ликвидировать задолженность по соответствующим разделам курса.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе. Дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников.

Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

Внимательно относиться к вопросам студентов и при необходимости давать дополнительные более подробные пояснения.

При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, не следует увлекаться простыми математическими выкладками, оставляя их либо на студентов, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

Желательно использовать учебные пособия, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует рекомендовать студентам работать самостоятельно с выданными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

Давать рекомендации студентам для подготовки к очередным занятиям.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

2. Указания для проведения лабораторных занятий

Четко обозначить тему занятий.

Обсудить основные понятия, связанные с темой занятий.

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории и при посещении реактора ИРТ МИФИ.

Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий.

При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в выполнении работы и дискуссиях.

В конце занятий задать аудитории несколько контрольных вопросов.

3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Автор(ы):

Федоров Владимир Алексеевич