

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] 27.03.03 Системный анализ и управление

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	2	72	15	0	15		42	0	3
Итого	2	72	15	0	15	0	42	0	

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются основные физические процессы в ядерных реакторах и их математические модели, методы и средства управления ЯЭУ, диагностика и техническое обслуживание систем управления ЯЭУ.

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.

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 (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
математическое моделирование физических, технологических процессов и алгоритмов контроля и	информационно-измерительные и управляющие системы, киберфизические устройства и	ПК-2.1 [1] - Способен к теоретическому и экспериментальному исследованию технологических процессов и процессов	З-ПК-2.1[1] - методы моделирования технологических и информационных процессов и процессов управления в системах

<p>управления, режимов эксплуатации информационно-измерительных и управляющих систем киберфизических устройств и установок, в том числе с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, а также с применением специально разрабатываемого программного обеспечения</p>	<p>установки, системы контроля и управления ядерно-физических установок</p>	<p>управления на основе моделей</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>контроля и управления; У-ПК-2.1[1] - разрабатывать физико-математические модели объекта контроля и управления и алгоритмы управления физическими и ядерно-физическими установками; В-ПК-2.1[1] - современными информационными технологиями, программно-инструментальными средствами, инженерными пакетами САПР для проведения научных исследований и вычислительных экспериментов</p>
<p>математическое моделирование физических, технологических процессов и алгоритмов контроля и управления, режимов эксплуатации информационно-измерительных и управляющих систем киберфизических устройств и установок, в том числе с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, а также с применением специально разрабатываемого программного обеспечения</p>	<p>информационно-измерительные и управляющие системы, киберфизические устройства и установки, системы контроля и управления ядерно-физических установок</p>	<p>ПК-4 [1] - способен моделировать организационно-технические системы и их жизненный цикл</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-4[1] - знать: инструменты и методы выявления требований; основы современных операционных систем; инструменты и методы выявления требований. ; У-ПК-4[1] - уметь: описывать бизнес-процессы; собирать исходную документацию; управлять проектами. ; В-ПК-4[1] - владеть навыками: сбора в соответствии с трудовым заданием документации заказчика касательно его запросов и потребностей применительно к типовой ис; документирования собранных данных в</p>

			соответствии с регламентами организации.
эксплуатационно-технологический			
эксплуатация, поддержание в рабочем состоянии физических и ядерно-физических установок, информационно-измерительных и управляющих систем, предупреждение, предотвращение и ликвидация аварий на физических установках, контроль соблюдения производственной и экологической безопасности	информационно-измерительные и управляющие системы, киберфизические устройства и установки, системы контроля и управления ядерно-физических установок	ПК-12 [1] - способен эксплуатировать системы управления, применять современные инструментальные средства и технологии программирования на основе профессиональной подготовки, обеспечивающие решение задач системного анализа и управления <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.033	З-ПК-12[1] - знать: методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов; системный анализ, теорию принятия решений при реализации инвестиционного проекта; теорию управления рисками. ; У-ПК-12[1] - уметь: работать в специализированных компьютерных программах для подготовки и реализации инвестиционного проекта; выявлять и оценивать степень (уровень) риска инвестиционного проекта; оценивать эффективность использования ресурсов по инвестиционному проекту. ; В-ПК-12[1] - владеть навыками определения последовательности операций для реализации инвестиционного проекта; обеспечения качества реализации инвестиционного проекта.

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

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-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1
2	Раздел 2	9-15	7/0/7		25	КИ-15	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		15/0/15		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12

* – 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 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.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		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	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0

	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.			
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. 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.	Всего аудиторных часов		
		4	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
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

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	<p>Тема №1. Кинетика реактора «нулевой» мощности.</p> <p>Цель:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучение нейтронной кинетики реактора; - определение веса групп стержней СУЗ методом сброса из критического состояния; - определение критического положения извлекаемых стержней; - овладение навыками управления реактором и проведения физических измерений. <p>Форма проведения Лабораторная работа.</p> <p>Контроль достижения цели: Отчет с результатами выполнения работы.</p>
5 - 8	<p>Тема №2. Динамика реактора в энергетическом диапазоне мощности.</p> <p>Цель:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучение динамики реактора с температурными обратными связями; - определение мощностного коэффициента реактивности реактора; - подъем мощности реактора до номинального стационарного уровня; - овладение навыками управления реактором и проведения физических измерений. <p>Форма проведения Лабораторная работа.</p> <p>Контроль достижения цели: Отчет с результатами выполнения работы.</p>
9 - 12	<p>Тема №3. Детекторы и каналы контроля нейтронного потока.</p> <p>Цель:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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; - овладение навыками работы с современными программно-техническими комплексам, постановки и проведения измерительных экспериментов; - овладение навыками проведения измерений характеристик детекторов нейтронов. <p>Форма проведения Лабораторная работа.</p> <p>Контроль достижения цели: Отчет с результатами выполнения работы.</p>
13 - 15	<p>Тема №4. Исследовательский реактор ИРТ.</p> <p>Цель:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ознакомление с конструкцией и характеристиками,

<p>системами контроля, управления и безопасности реактора ИРТ МИФИ. Форма проведения Экскурсия на реактор ИРТ МИФИ. Контроль достижения цели: Контрольный опрос.</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)
ПК-12	З-ПК-12	З
	У-ПК-12	З
	В-ПК-12	З
ПК-2.1	З-ПК-2.1	З, КИ-8
	У-ПК-2.1	З, КИ-8
	В-ПК-2.1	З, КИ-8
ПК-4	З-ПК-4	З, КИ-15
	У-ПК-4	З, КИ-15
	В-ПК-4	З, КИ-15

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»	A	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	Ф	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

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 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : сборник задач, В. В. Архипов [и др.] ; ред. : В. И. Деев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

5. 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

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 ознакомиться 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 выполнения лабораторных работ

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

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 необходимо зафиксировать в письменном 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.

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.

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

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

Давать рекомендации студентам для подготовки к очередным семинарам и лабораторным занятиям.

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

2. Указания для проведения лабораторных занятий

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

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.

Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде.

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

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