

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 28.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 15.04.04 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, экз./зач./КР/КП
1	2	72	8	0	16		48	0	3
Итого	2	72	8	0	16	0	48	0	

## АННОТАЦИЯ

Программа дисциплины включает темы:

1. Назначение, классификация, конструкция ЯР, технологическая схема АЭС с ВВЭР.
2. Обеспечение безопасности АЭС
3. Автоматизация контроля и управления ЯЭУ. Функциональная структура и программно-технический комплекс АСУТП АЭС
4. Моделирование нейтронно-физических процессов в ЯР
5. Эффекты реактивности. Динамика нейтронной мощности в различных эксплуатационных режимах.
6. Основы теории систем управления. ЯР как объект управления. САР мощностью ЯР
7. Датчики и детекторы ЯЭУ

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование понимания свойств и характерных особенностей ЯЭУ как объекта управления и автоматизации. Ознакомление с современными требованиями и техническими решениями по обеспечению безопасности ЯР, ЯЭУ, АЭС. Формирование базовых знаний по построению моделей ЯР как объектов управления с учетом эффектов реактивности. Формирование знаний в области статических и динамических характеристик ЯР. Освоение методов автоматического регулирования нейтронной мощностью ЯР, компонентов системы управления мощностью ЯР. Ознакомление с методами и средствами контроля нейтронно-физических параметров ЯР, технологических параметров ЯЭУ.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина предполагает предварительное изучение реакторной физики, теории автоматического управления, цифровых систем управления, информационной техники, ПТК АСУТП АЭС.

### 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	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
--	---------------------------	---	---

		стандарт-ПС, анализ опыта)	
проектно-конструкторский			
Проектирование электронных систем, 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	киберфизические информационно-измерительные системы, программно-технические средства и комплексы, электронные и электротехнические системы и оборудование, системы контроля и управления ядерно-физических установок и производств атомной отрасли	ПК-1 [1] - Способен проводить проектирование объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, технологические и экологические требования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008	З-ПК-1[1] - Знать: основные требования к проектированию и конструированию узлов, блоков, приборов и систем; У-ПК-1[1] - Уметь: проводить проектирование объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией с соблюдением различных технических, технологических и экологических требований; В-ПК-1[1] - Владеть: программно-техническими средствами проектирования объектов профессиональной деятельности

#### 4. 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>1 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-5	4/0/8		25	КИ-5	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1
2	Раздел 2	6-10	4/0/8		25	КИ-10	З-ПК-1,

							У-ПК-1, В-ПК-1
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		8/0/16		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 1 Семестр</b>				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1

\* – 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>1 Семестр</i>	8	0	16
<b>1-5</b>	<b>Раздел 1</b>	4	0	8
1	<b>Назначение, классификация, конструкция ЯР.</b> История ядерной науки и техники, атомной энергетики Типы ядерных реакторов, их назначение и технические особенности. Базовые и перспективные проекты ЯР, АЭС, малые АЭС, замкнутый топливный цикл. Технологическая схема и основное оборудование ВВЭР	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Обеспечение безопасности АЭС</b> Принципы обеспечения безопасности. Международное сотрудничество, деятельность МАГАТЭ Фундаментальные функции безопасности Принципы защиты в глубину и единичного отказа Защитные барьеры безопасности.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Автоматизация контроля и управления ЯЭУ.</b> Эксплуатационные состояния и режимы ЯЭУ Аварийные состояния и аварии на АЭС. Международная шкала. Тяжелые аварии. Характеристика ЯЭУ как объекта управления. Эволюция систем контроля и управления ЯЭУ Функциональная структура АСУТП АЭС Функции, назначение, состав оборудования СВРК, АКНП, АРМ. Системы нормальной эксплуатации, системы безопасности. Интерфейс СКУ, БПУ	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	<b>Моделирование нейтронно-физических процессов в ЯР</b>	Всего аудиторных часов		
		1	0	2

	Классификация моделей ЯР по назначению, их особенности Принципы построения пространственной модели нейтронного поля ЯР для задач управления Модель кинетики ЯР в подкритическом режиме. Модель критического ЯР нулевой мощности. Статические и динамические характеристики ЯР приступенчатом и линейном изменении реактивности.	Онлайн		
		0	0	0
<b>6-10</b>	<b>Раздел 2</b>	4	0	8
6	<b>Эффекты реактивности. Динамика нейтронной мощности в различных эксплуатационных режимах</b> Особенности энергетического диапазона мощности реактора. Физические основы эффектов реактивности. Математические модели ЯР с учетом эффектов реактивности. Статические и динамические характеристики ЯР в энергетическом диапазоне с учетом ОС по реактивности	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Основы теории систем управления. ЯР как объект управления. САР мощностью ЯР</b> Классификация систем автоматического управления. Методы математического моделирования и анализа САУ Характеристика типовых динамических элементов САУ Показатели качества САУ Показатели и методы оценки устойчивости САУ Передаточные функции ЯР в подкритическом режиме, критического ЯР нулевой мощности, реактора в энергетическом режиме с учетом ОС по реактивности.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
9	<b>САР мощности ЯЭУ.</b> Контролируемые параметры ЯР для задач управления. Методы и средства управления нейтронной мощностью ЯР. Нейтронно-физические характеристики стержней регулирования. Классификация РС по назначению. Структурная модель контура автоматического регулирования нейтронной мощности. Передаточные функции элементов контура САР нейтронной мощности ЯР Характеристики штатного АРМ ЯР ВВЭР Основные регуляторы и контура управления ЯЭУ	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Датчики и детекторы ЯЭУ</b> Генераторные и параметрические датчики. Принципы построения датчиков температуры, давления, расхода. Принципы измерения нейтронного поля ЯР. Детекторы НП. Измерительные схемы, измерительные каналы.	Всего аудиторных часов		
		1	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>1 Семестр</i>
1 - 2	<b>Тема 1.</b> Исследование статических и динамических характеристик подкритического ЯР
3 - 4	<b>Тема 2.</b> Исследование статических и динамических характеристик критического ЯР нулевой мощности и с учетом эффектов реактивности
5 - 6	<b>Тема 3.</b> Исследование эффективности органов регулирования ЯР
7 - 8	<b>Тема 4.</b> Исследование контура регулирования нейтронной мощностью ЯР
9 - 10	<b>Тема 5.</b> Защита рефератов

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1 Презентации

2 Обсуждение контрольных вопросов при проведении аудиторных занятий.

## 6. 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-1	З-ПК-1	3, КИ-5, КИ-10
	У-ПК-1	3, КИ-5, КИ-10
	В-ПК-1	3, КИ-5, КИ-10

## 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-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64		F	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 621.039 В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Выговский С.Б., Рябов Н.О., Чернов Е.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

2. ЭИ В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Выговский С.Б., Рябов Н.О., Чернов Е.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. 621.039 Ф50 Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие для вузов, Выговский С.Б. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. ЭИ Ф50 Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие для вузов, Выговский С.Б. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
5. 621.039 Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Наумов В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 З-43 Автоматизированная система управления технологическими процессами АЭС : монография, Зверков В.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. 621.3 А99 АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 : От физических основ эксплуатации до эволюции проекта, Васильев Б.Ю. [и др.], Москва: ЛОГОС, 2010
3. 621.039 Д30 Кинетика и регулирование ядерных реакторов : Учеб. пособие для вузов, Дементьев Б.А., М.: Энергоатомиздат, 1986
4. 621.039 Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : Учеб. пособие для вузов, Наумов В.И., М.: МИФИ, 2003
5. 621.039 Я34 Ядерная энергетика. Проблемы. Решения Ч.1 , , Москва: ЦСПиМ, 2011

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Программная система Matlab, Программная система компьютерных тренажеров ()

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Средства поддержки участия в видео-конференциях ()

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

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

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Класс компьютерных тренажеров ()

### **9. 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 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 Реферат по назначенной преподавателем теме.

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.

# 10. 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 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