

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 15.04.04 Киберфизические системы  
автоматизации технологических процессов

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./КСР/КП
2	2	72	15	0	15	42	0	3
Итого	2	72	15	0	15	0	42	0

## АННОТАЦИЯ

В результате изучения дисциплины студенты осваивают принципы создания математических моделей объектов управления и систем автоматического управления и регулирования. Студентам дается понятие математической модели, методы ее анализа, идентификации.

Моделирование происходит с использованием ряда прикладных программ, как зарубежных, так и отечественных.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Развитие профессиональной компетенции в области моделирования систем и процессов, необходимых для исследования и проектирования систем и средств автоматизации, управления и регулирования.

Основными задачами дисциплины является формирование у студентов практических навыков моделирования систем и процессов с использованием современных специализированных программ.

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

Дисциплина является дополнением ряда прочих изучаемых дисциплин, таких как система автоматического управления, методы и приборы физических измерений, проектирование и выбор оборудования ядерных энергетических установок, безопасность и экономичность ядерных энергетических установок.

Для изучения данной дисциплины студент должен обладать знаниями:

- по основным разделам физики;
- теоретических основ электротехники;
- по курсу «Технология и языки программирования».

### 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			

<p>Математическое моделирование физических, технологических процессов и алгоритмов контроля и управления, режимов эксплуатации киберфизических систем контроля, управления и автоматизации ядерно-физических установок и производств атомной отрасли, в том числе с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, а также с применением специально разрабатываемого программного обеспечения</p>	<p>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</p>	<p>ПК-7 [1] - Способен создавать и исследовать математические модели физических и информационных процессов, относящихся к профессиональной сфере, использовать стандартные программно-инструментальные системы и средства моделирования и исследования</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-7[1] - Знать: методы моделирования физических процессов в оборудовании установок и информационных процессов в системах их контроля и управления; У-ПК-7[1] - Уметь: работать с инструментальными системами анализа и моделирования систем и процессов; В-ПК-7[1] - Владеть: навыками использования стандартных программных средств анализа и моделирования для решения исследовательских и инженерных задач</p>
--	---	---	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
<i>2 Семестр</i>							
1	Введение в дисциплину	1-8	8/0/8		25	КИ-8	3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Системы автоматического управления	9-15	7/0/7		25	КИ-15	3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7

	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/0/15		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	3	3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7

\* – 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>2 Семестр</i>	15	0	15
<b>1-8</b>	<b>Введение в дисциплину</b>	8	0	8
1 - 2	<b>Введение в дисциплину.</b> Понятие математической модели. Методы определения математических моделей. Представления математических моделей. Алгоритмическая форма, графическая форма, цифровая форма.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Пакеты прикладных программ (ППП).</b> Сравнительный функциональный обзор существующих ППП. MATLAB, Scilab, SimInTech, GNU Octave, VisSim.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Оценка математических моделей.</b> Экономичность математической модели. Адекватность математической модели и объекта. Основные этапы математического моделирования.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Создание математических моделей устройств и систем электротехники.</b> Статическая модель системы регулирования напряжения генератора постоянного тока. Получение статических характеристик системы стабилизации напряжения генератора в ППП. Моделирование сложных цепей и переходных процессов.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Системы автоматического управления</b>	7	0	7
9 - 10	<b>Ядерный реактор как объект управления.</b> Управление нейтронной мощностью ядерного реактора (ЯР). Структурная модель нейтронной кинетики на мгновенных нейтронах. Передаточная функция критического ядерного реактора. Структурная	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0

	математическая модель критического ядерного реактора. Температурные эффекты и коэффициенты реактивности. Теплофизические процессы в ядерном реакторе. Динамика нуклидного состава активной зоны. Изменение характеристик ЯР в процессе кампании реактора. Запас реактивности. Влияние изменений вышеперечисленных параметров на модель ЯР.			
11 - 12	<b>Линейные модели систем автоматического регулирования нейтронной мощности ЯР.</b> Особенности проектирования и синтеза САР для разных типов реакторов, на примере РБМК и ВВЭР. САР на основе различных законов урегулирования для ВВЭР без учета и с учетом коэффициентов обратной связи. Настройка линейной САР эмпирическими методами и с помощью встроенного функционала ППП.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	<b>Общие сведения о нелинейных системах автоматического управления.</b> Основные типы нелинейностей, методы их аналитического описания. Гармоническая линеаризация нелинейностей. Отыскание параметров автоколебаний с помощью метода гармонического баланса. Исследование нелинейных систем на устойчивость. Релейные САР. Инструментарий по их моделированию в рассматриваемых ППП.	Всего аудиторных часов		
		2	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Нелинейные модели систем автоматического регулирования нейтронной мощности ЯР.</b> Анализ на устойчивость нелинейных САР с помощью метода гармонического баланса. Линеаризация математической модели. Настройка нелинейной САР эмпирическими методами и с помощью встроенного функционала ППП.	Всего аудиторных часов		
		1	0	1
		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>2 Семестр</i>
1 - 2	<b>Вводное занятие.</b> Ознакомление с методами математического моделирования в различных ППП.

3 - 4	<b>Лабораторная работа №1.</b> Моделирование сложных электрических цепей в среде MATLAB/SIMULINK с использованием встроенного набора инструментов Control System Toolbox, SimInTech.
5 - 6	<b>Лабораторная работа №2.</b> Моделирование системы стабилизации напряжения генератора в ППП.
7 - 8	<b>Лабораторная работа №3.</b> Моделирование линейной непрерывной системы автоматического регулирования мощности ядерного реактора без учета коэффициентов обратной связи.
9 - 12	<b>Лабораторная работа №4.</b> Моделирование линейной непрерывной системы автоматического регулирования мощности ядерного реактора с учетом коэффициентов обратной связи.
13 - 15	<b>Лабораторная работа №5.</b> Моделирование нелинейной непрерывной системы автоматического регулирования мощности ядерного реактора.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении лекционных занятий применяются различные образовательные технологии. Лекционные занятия проводятся с помощью презентационных материалов. Применяются современные компьютерные технологии. Лабораторные работы проводятся с использованием пакета прикладных программ MATLAB, в том числе встроенного набора инструментов Control System Toolbox, графического языка программирования и моделирования Simulink.

## 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-7	З-ПК-7	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7	З, КИ-8, 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 – <i>«отлично»</i>	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>	B	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		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	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>	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.

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

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Р 35 Математическое моделирование : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2022
2. ЭИ Л 68 Математическое моделирование нелинейных процессов : учебник для вузов, Москва: Юрайт, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 681.5 Ш23 Лабораторный практикум "Теория автоматического управления. Методы исследования нелинейных систем" : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. ЭИ Ш23 Лабораторный практикум "Теория автоматического управления. Методы исследования нелинейных систем" : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. 621.039 Т35 Системы контроля, регулирования и защиты ядерных энергетических установок Ч.1 Динамика ядерного реактора при работе на малых уровнях мощности, , М.: МИФИ, 1974
4. 681.5 Ш23 Лабораторный практикум по курсу "Теория автоматического управления". Линейные непрерывные динамические системы : учебное пособие для вузов, А. В. Шапкарин, И. Г. Кулло, Москва: МИФИ, 2007
5. ЭИ Ш23 Лабораторный практикум по курсу "Теория автоматического управления". Линейные непрерывные динамические системы : учебное пособие для вузов, А. В. Шапкарин, И. Г. Кулло, Москва: МИФИ, 2007

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. MATLAB/Simulink, включая пакет Control system toolbox ()

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **9. 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 участия в лабораторных занятиях

Перед посещением занятий уяснить тему занятия и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

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

Перед выполнением практической (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 виде файлов на персональном компьютере.

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

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

## 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.

# 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, рассматриваемые 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.

Четко обозначить тему занятий.

Обсудить основные понятия, связанные с темой занятий.

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

Перед выполнением практической (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):

Стародубцев Илья Анатольевич