

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АЭС**

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
4	2	72	24	24	0	24	0	3
Итого	2	72	24	24	0	0	24	0

## АННОТАЦИЯ

В дисциплине рассматриваются проблемы контроля окружающей среды при эксплуатации атомных электростанций и других радиационно-опасных предприятий атомной промышленности и методы их решения, а также общие принципы построения автоматизированных систем радиационного мониторинга внешней среды для АЭС.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является получение студентами знаний в области разработки и эксплуатации автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) или систем радиационного мониторинга объектов использования атомной энергии, физических явлений, лежащих в основе принципов построения автоматизированных систем, базовых программ математического обеспечения АСКРО, принципов работы приборного оборудования, обеспечивающего работу указанных систем, а также физические принципы работы оборудования, использующего бесконтактные (для человека) методы радиационного контроля.

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

Дисциплина относится к модулю дисциплин, связанных с автоматизированными системами, предназначенными для решения задач радиационной безопасности объектов использования атомной энергии. Для изучения данной дисциплины студент должен обладать знаниями:

- по следующим разделам математики: математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения, теория функций комплексного переменного, уравнения математической физики; по основным разделам физики, ядерной физики; по курсам, связанным с теорией автоматического управления;
- по курсу «Информационная техника: датчики и детекторы»;
- по курсу «АЭС: типы, оборудование, технологии, эксплуатация»;
- по курсу «Теоретические основы специальности: Элементная база автоматических систем»;
- по курсу «Компьютерный практикум».

### 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;	Код и наименование индикатора достижения
--	---------------------------	--	--

		<b>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>профессиональной компетенции</b>
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
производственно-технологический			
Эксплуатация, поддержание в рабочем состоянии физических установок, предупреждение, предотвращение и ликвидация аварий на физических установках; контроль соблюдения производственной и экологической безопасности	киберфизические информационно-измерительные системы, программно-технические средства и комплексы, электронные и электротехнические системы и оборудование, системы контроля и управления ядерно-физических	ПК-1.3 [1] - Способен к обеспечению контроля соблюдения экологической безопасности, техники безопасности на основе утвержденных норм и правил на предприятии, анализу условий безопасной эксплуатации физических и ядерно-физических установок	З-ПК-1.3[1] - Знать: теоретические основы обеспечения безопасной эксплуатации физических и ядерно-физических установок, нормы и правила организации безопасного выполнения работ; У-ПК-1.3[1] - Уметь: организовывать деятельность

	установок и производств атомной отрасли	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.033	персонала в условиях нарушений нормальной эксплуатации и аварий в соответствии с нормативными требованиями и инструкциями; В-ПК-1.3[1] - Владеть: методиками оценки развития физических и технологических процессов в аварийных ситуациях
организационно-управленческий			
Организация и контроль работы малых трудовых коллективов по выполнению научно-технических проектов, планирование работы персонала и фондов оплаты труда, составление технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование и т. п.), а также установленной отчетности по утвержденным формам	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-6 [1] - Способен к организации и контролю деятельности структурного подразделения или трудового коллектива по обеспечению технической, ядерной, радиационной и пожарной безопасности, соблюдению требований нормативно-технической и организационной документации при выполнении профессиональной деятельности  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.033	З-ПК-6[1] - Знать: основы отраслевых норм и правил работы с персоналом; У-ПК-6[1] - Уметь: организовывать и контролировать работу малых трудовых коллективов; В-ПК-6[1] - Владеть: практическим опытом командной работы по выполнению научно-технических проектов

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>4 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	12/12/0		40	КИ-8	У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.3, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1
2	Раздел 2	9-12	12/12/0		40	КИ-12	3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
	<i>Итого за 4 Семестр</i>		24/24/0		80		
	<b>Контрольные мероприятия за 4 Семестр</b>				20	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-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>4 Семестр</i>	24	24	0
<b>1-8</b>	<b>Раздел 1</b>	12	12	0
1 - 2	<b>Тема 1. Взаимодействие излучения с веществом.</b> Общая характеристика взаимодействия $\gamma$ -излучения с веществом. Фотоэффект. Комптоновское рассеяние $\gamma$ -лучей. Образование электронно-позитронных пар.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Тема 2. Физические величины и их единицы в области радиационной безопасности.</b> Физические величины и их единицы в области радиационной безопасности. Основные понятия. Активность радионуклида. Характеристики поля излучения. Дозиметрические характеристики поля излучения.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Тема 3. Проблемы контроля окружающей среды при эксплуатации атомных электростанций и других радиационно-опасных предприятий атомной промышленности и методы их решения.</b> Методы и средства решения задач контроля окружающей среды различные этапы развития атомной энергетики. Концепции построения систем автоматизированного контроля радиационной обстановки окружающей среды. Методы повышения точности прогностических оценок радиоактивного загрязнения окружающей среды при радиационных авариях.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Тема 4. Общие принципы построения автоматизированных систем радиационного мониторинга внешней среды для АЭС.</b> Измерение метеопараметров атмосферы и способы их уточнения. Оптимизация количества гамма-датчиков АСКРО. Принципы размещения гамма-датчиков во внешней среде.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-12</b>	<b>Раздел 2</b>	12	12	0
9	<b>Тема 5. Методы определения параметров выброса газоаэрозольной радиоактивной примеси из вентиляционных труб АЭС.</b> Методические рекомендации по необходимому комплекту	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	технических средств и условиям их размещения в вентиляционных трубах АЭС при определении параметров выброса радиоактивной примеси в атмосферу. Алгоритм оценки мощности выброса благородных радиоактивных газов из системы пассивной фильтрации реактора ВВЭР-1500. Алгоритм оценки мощности выброса газоаэрозольной радиоактивной примеси из вентиляционных труб АЭС.			
10	<b>Тема 6. Методы повышения точности прогностических оценок радиоактивного загрязнения окружающей среды при радиационных авариях.</b> Расчет метеопараметров атмосферы. Модель переноса радиоактивной примеси в атмосфере. Оценка мощности дозы внешнего облучения. Оценка уровней радиоактивного загрязнения подстилающей поверхности. Оценка мощности дозы внешнего облучения от подстилающей поверхности. Оценка и уточнение радиационных характеристик радиоактивного загрязнения окружающей среды.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Тема 7. Приборное обеспечение АСКРО.</b> Датчик определения мощности выброса в вентиляционных трубах АЭС, основанный на методе регистрации магнитного поля, создаваемого движущимся ионизированным воздушным потоком. Метод повышения чувствительности датчика, определяющего мощность выброса в венттрубах АЭС. Безынерционный метод измерения скорости воздушного потока.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Тема 8. Перспективные методы определения радиационных характеристик радиоактивного загрязнения подстилающей поверхности.</b> Использование радиолокационных станций для дистанционного определения выбросов АЭС. Анализ экспериментальных данных по определению выбросов АЭС с помощью радиолокационных станций. Физические основы определения радиоактивных выбросов или радиоактивного загрязнения подстилающей поверхности при помощи радиолокационных станций. Метод определения объемной и поверхностной активности радионуклидов в воздушной среде и на подстилающей поверхности соответственно, на основе беспилотного дозиметрического комплекса (БДК) в условиях радиационных аварий. Метод определения объемной активности радионуклидов в водной среде и в придонной поверхности при использовании беспилотного радиоуправляемого подводного скутера (БРПС). Применение криогенных технологий для утилизации инертных радиоактивных газов (ИРГ) при штатной работе и в режиме планово-предупредительных работ (ППР) на АЭС и других объектах использования атомной энергии (ОИАЭ).	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>4 Семестр</i>
1 - 2	<b>Тема 1.</b> Характеристика взаимодействия гамма-излучения с веществом.
3 - 4	<b>Тема 2.</b> Введение в дисциплину
5 - 6	<b>Тема 3.</b> Проблемы контроля окружающей среды при эксплуатации атомных электростанций и других радиационно-опасных предприятий атомной промышленности и методы их решения.
7 - 8	<b>Тема 4.</b> Общие принципы построения автоматизированных систем радиационного мониторинга внешней среды для АЭС.
9	<b>Тема 5.</b> Методы определения параметров выброса газоаэрозольной радиоактивной примеси из вентиляционных труб АЭС.
10	<b>Тема 6.</b> Методы повышения точности прогностических оценок радиоактивного загрязнения окружающей среды при радиационных авариях.
11	<b>Тема 7.</b> Приборное обеспечение АСКРО.
12	<b>Тема 8.</b> Перспективные методы определения радиационных характеристик радиоактивного загрязнения окружающей среды.

#### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дискуссии, фильмы.

#### 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	З, КИ-8
	У-ПК-1	З, КИ-8
	В-ПК-1	З, КИ-8
ПК-1.3	З-ПК-1.3	З, КИ-8
	У-ПК-1.3	З, КИ-8
	В-ПК-1.3	З, КИ-8
ПК-6	З-ПК-6	З, КИ-12
	У-ПК-6	З, КИ-12
	В-ПК-6	З, КИ-12

### 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 –	F	Оценка «неудовлетворительно»

	«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 Е 53 Основы экологии и радиационно- экологического контроля окружающей среды : учеб. пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2016
2. ЭИ Е53 Физические основы автоматизированных систем радиационного контроля атомных электростанций : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2019

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ G90 Introduction to Radiation Protection : Practical Knowledge for Handling Radioactive Sources, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2010
2. ЭИ Е53 Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки окружающей среды : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. 681.5 Е53 Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки окружающей среды : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 539.1 О-21 Основы радиационной и химической безопасности : , Долгопрудный: Интеллект, 2013
5. 539.1 К60 Ионизирующая радиация: воздействие, риски, общественное восприятие : , А. Б. Колдобский, Москва: МИФИ, 2008

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

### 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 семинарских занятиях**

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

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой семинара.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце семинара 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.

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.

## **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.

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

### 2. Указания для проведения семинарских занятий

Четко обозначить тему семинара.

Обсудить основные понятия, связанные с темой семинара.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце семинара 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 применять индивидуальные контрольные вопросы).

Автор(ы):

Елохин Александр Прокопьевич, д.т.н., с.н.с.

Рецензент(ы):

Зверков В.В.