

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
по дисциплине «Дозиметрия ионизирующих излучений»

**Специальность**  
«14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

**Основная профессиональная образовательная программа**  
«Системы контроля и управления атомных станций»

**Квалификация выпускника**  
Инженер-физик

**Форма обучения**  
Очная

Балаково

### **Цель освоения дисциплины**

Изучение обучающимися физических принципов, устройства оборудования, организационных мер радиационного контроля на АЭС и других предприятиях ядерно-топливного цикла.

### **Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Изучение дисциплины «Дозиметрия ионизирующих излучений» требует основных компетенций, знаний, умений и навыков обучающегося по дисциплинам:

- ядерная физика;
- физика ядерных реакторов;
- теория переноса нейтронов
- датчики и детекторы физических установок.

В ходе изучения курса «Дозиметрия ионизирующих излучений» обучающийся получает знания, умения и навыки для

– успешного изучения дисциплин: надежность технических систем, основы эксплуатации реакторного оборудования АЭС, ремонтное обслуживание реакторного и тепломеханического оборудования АЭС;

– выполнения всех разделов курсового и дипломного проектирования, связанных с техническими разработками оборудования АЭС, УИР, а также непосредственно при практической работе выпускников по специальности.

Обобщенные трудовые функции, которые сможет полностью или частично продемонстрировать студент при освоении данной дисциплины:

– в соответствии с профессиональным стандартом «24.078. Специалист исследователь в области ядерно-энергетических технологий»: В/02.7. Обобщение результатов, проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработки предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий;

– в соответствии с профессиональным стандартом «24.032. Специалист в области теплоэнергетики (реакторное отделение)»: В/01.7. Обеспечение взаимодействия в процессе инженерно-технической поддержки при эксплуатации реакторного оборудования, технологических систем, основных фондов реакторного отделения АЭС;

– в соответствии с профессиональным стандартом «24.033. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики атомной станции»: С/01.7. Организация и контроль выполнения производственным подразделением работ по обеспечению эксплуатации СИ, СА и аппаратуры СУЗ на АС;

– в соответствии с профессиональным стандартом «24.031. Специалист в области учета и контроля ядерных материалов в области атомной энергетики»: В.7. Организация и контроль выполнения работ, связанных с учетом и контролем ядерных материалов и обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на АС;

– в соответствии с профессиональным стандартом «24.030. Специалист по экологической и радиационной безопасности плавучих атомных станций»: В/03.7. Организация контроля состояния и поддержания готовности и работоспособности систем ядерной, экологической и радиационной безопасности.

### **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Математическое	Ядерные, хи-	ПК-3 Способен к прове-	З-ПК-3 знать методы про-

моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций.	мические и тепловые процессы, протекающие в ядерных энергетических установках и на атомных станциях.	дению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации	ведения исследований физических процессов У-ПК-3 уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок В-ПК-3 владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке
Анализ процессов в ядерных энергетических установках с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы; обеспечение ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами на АЭС (и ЯЭУ).	Современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками. Ядерные, химические и тепловые процессы, протекающие в ядерных энергетических установках и на атомных станциях.	ПК-9 Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	3-ПК-9 Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; У-ПК-9 уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ; В-ПК-9 владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ.
Обеспечение ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и другими отходами на АЭС (и ЯЭУ).	Организационные и технические средства, обеспечивающие ядерную и радиационную безопасность атомных станций и ядерных энергетических установок.	ПК-10 Способен провести оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами	3-ПК-10 Знать: критерии ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ У-ПК-10 Уметь: проводить оценки ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ В-ПК-10 Владеть: методами оценки ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами

#### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспита- тельного потенциала	Вовлечение в разно- плановую внеучебную
----------------------	-------------------------------------	---	--

		учебных дисциплин	деятельность
Профессиональное воспитание	-выработка ответственного отношения к осуществляемой работе в области проектирования, создания и эксплуатации атомных станций (АС) и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты и управления (ВЗ1).	Использование для формирования культуры ядерной и радиационной безопасности, выработки ответственного отношения к осуществляемой работе в области проектирования, создания и эксплуатации атомных станций (АС) и других ядерных энергетических установок воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин: Математическое моделирование процессов в оборудовании АЭС; Управление ядерными энергетическими установками; Ядерные энергетические реакторы; Автоматизированное проектирование электронных элементов и систем; Системы управления; Исполнительные устройства систем управления; Надежность технических систем АЭС (типы, оборудование, технологии, эксплуатация); Транспортные устройства АЭС; Парогенераторы; АСУ технологическими процессами АЭС; Жизненный цикл и проектирование АСУ технологическими процессами; Турбомашины; Режимы работы и эксплуатации оборудования АЭС; Основы эксплуатации реакторного оборудования АЭС; Автоматизация ядерных энергетических установок; Современные системы	1. Организация и проведение экскурсий, научно-практических конференций, форумов, круглых столов, вебинаров по вопросам профессиональной деятельности 2. Участие в студенческих олимпиадах и конкурсах научных проектов, творческих мероприятиях, конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам WorldSkills. 3. Участие в подготовке публикаций в периодических научных изданиях; 4. Участие в деятельности студенческого научного общества

		управления ЯЭУ; Радиационная безопас- ность АЭС; Дозиметрия ионизирую- щих излучений; Производство ремонта и монтажа оборудования АЭС; Ремонтное обслуживание реакторного и тепломеха- нического оборудования АЭС	
--	--	--	--

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в семестре А. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. часа.

### Календарный план

№ раздела	№ темы	Наименование раздела/темы дисциплины	Виды учебной деятельности (час.)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	СРС		
1	1	<b>Методы дозиметрических измерений</b> Основные понятия.	5	1	-	-	4	УО	30
	2	Дозиметрические величины.	6	1	-	2	3		
	3	Источники ионизирующих излучений.	6	2	-	-	4		
	4	Взаимодействие излучений с веществом и биотканью.	6	2	-	-	4		
	5	Ионизационный метод детектирования.	4	2	-	-	2		
	6	Дозиметрические приборы ионизационного типа.	6	2	-	2	2		
	7	Сцинтилляционный метод детектирования и приборы.	6	2	-	2	2		
	8	Полупроводниковый метод детектирования и приборы.	6	2	-	2	2		
	9	Взаимодействие нейтронов с веществом. Дозиметрия нейтронов.	7	2	-	2	3		
	10	Дозиметрия внутреннего облучения человека.	5	2	-	-	3		

2	11	<b>Организация радиационного контроля</b> Эквивалент дозы как измеряемая величина.	7	2	-	2	3	Т	30
	12	Нормирование дозовых нагрузок.	7	2	-	2	3		
	13	Организация радиационной безопасности.	5	2	-	-	3		
	14	Дозиметрический контроль персонала I.	6	2	-	-	4		
	15	Дозиметрический контроль персонала II.	8	2	-	2	4		
	16	Радиационный контроль РАО, сбросов и выбросов АЭС.	6	2	-	-	4		
	17	Надзор за радиационной безопасностью. Контроль бытовой продукции.	6	-	-	-	6		
	18	Организация радиационной защиты в чрезвычайных ситуациях.	6	2	-	-	4		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>								<b>Зачет</b>	<b>40</b>
			<b>108/16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16/16</b>	<b>60</b>		<b>100</b>

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Лекция 1. Основные понятия. Дозиметрические величины.</b> 1. Предмет радиационной безопасности. Радиоактивность, закон распада, понятие активности. Виды излучения, основные определения, описывающие поле излучения. Первичное и вторичное излучение разных видов. 2. Понятие дозы: поглощенной, экспозиционной, эквивалентной. 3. Линейные потери энергии. 4. Ионизирующая способность излучения. Коэффициенты качества и образцовое излучение. 5. Электронное равновесие.	2	1,2,3,4,5,7,8
<b>Лекция 2. Источники ионизирующих излучений.</b> 1. Природные и искусственные излучатели. Бета-излучатели как источники гамма-излучения, схемы распада. Природные и искусственные альфа-излучатели. 2. Источники радиации в теплоносителе АЭС: активность. Активная зона как источник нейронного и фотонного излучения.	2	1,2,3,4,5,7,8
<b>Лекция 3. Взаимодействие излучений с веществом и биотканью.</b> 1. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Комптоновское рассеяние. Фотоэффект. Образование электрон-позитронных пар. линейный коэффициент ослабления. Экспоненциальное ослабление первичного пучка.	2	1,2,3,4,5,7,8

2. Взаимодействие с веществом альфа- и бета-частиц. Ионизирующая способность, плотность ионизации, длина свободного пробега, распределение ЛПЭ по траектории. Дозовые коэффициенты и пределы поступления альфа- и бета-излучателей. Допустимые плотности потоков электронов.		
<b>Лекция 4. Ионизационный метод детектирования.</b> 1. Пространственное и энергетическое распределение высвобожденных излучением электронов. Ионизационная камера. 2. Связь собранного заряда с дозой. Влияние атомного номера стенки и газа на энергетическую чувствительность (ход с жесткостью). Кривая напряжение-заряд для ионизационных детекторов. Режим счетчика и газовое усиление. Режим Гейгера- Мюллера. 3. Схемы включения счетчиков. Гашение заряда и мертвое время счетчика, его учет в обработке показаний.	2	1,2,3,4,5,7,8
<b>Лекция 5. Дозиметрические приборы ионизационного типа.</b> 1. Конденсаторные камеры и их разрядка. 2. Паспортные данные по чувствительности дозиметров и блоков детектирования. 3. Основные производители и номенклатура детекторов, применяемых на АЭС.	2	1,2,3,4,5,7,8
<b>Лекция 6. Сцинтилляционный метод детектирования и приборы.</b> 1. Явление сцинтилляции. Вещества-сцинтилляторы и их чувствительность. 2. Детектирование вспышек света фотоэлектрическим усилителем, его принцип работы. Конструкция сцинтилляционных детекторов. 3. Основные производители и номенклатура оборудования. Паспортные характеристики чувствительности.	2	1,2,3,4,5,7,8
<b>Лекция 7. Полупроводниковый метод детектирования и приборы.</b> 1. Основы физики полупроводников. Проводимость р- и n-типов. 2. Физический принцип работы полупроводниковых детекторов, их энергетическая чувствительность. Конструкция полупроводниковых детекторов. 3. Основные производители и номенклатура оборудования. Паспортные характеристики чувствительности.	2	1,2,3,4,5,7,8
<b>Лекция 8. Взаимодействие нейтронов с веществом.</b> 1. Дозиметрия нейтронов. Спектр нейтронов ядерных реакторов. Виды нейтронных реакций в конструкционных материалах и биоткани. Свободный пробег нейтронов. Замедление нейтронов. 2. Активационная дозиметрия. Основные применяемые для дозиметрии реакции. 3. Устройство нейтронных дозиметров. Отделение показаний фона быстрых, промежуточных и тепловых нейтронов: детекторы с замедлителем, кадмиевые экраны. Альбедные носимые дозиметры.	2	1,2,3,4,5,7,8

<p><b>Лекция 9. Дозиметрия внутреннего облучения человека.</b></p> <p>1. Основные пути поступления радионуклидов в организм. Отложение нуклидов в организме: растворение в воде, отложение в специфических органах, отложение в костях. Модель человека.</p> <p>2. Выведение нуклидов. Период полувыведения и период эффективного полувыведения. Отбор проб биологических жидкостей, отбор загрязнений кожи.</p> <p>3. Применение счетчика излучения человека для контроля общей активности, активности щитовидной железы. Нормирование поступления радионуклидов в организм.</p>	2	1,2,3,4,5,7,8
<p><b>Лекция 10. Эквивалент дозы как измеряемая величина.</b></p> <p>1. Человеческое тело как источник возмущения поля излучений и невозможность прямого замера поглощенных доз. Абстрактность понятия эффективной дозы.</p> <p>2. Необходимость моделирования человека для калибровки дозиметрических приборов. Фантомы и их виды. Операционная величина – эквивалент дозы.</p> <p>3. Определение эквивалентов дозы для различных органов (кожа, хрусталик). Условность приравнивания эффекта внешнего и внутреннего облучения.</p> <p>4. Неопределенность в дозиметрических измерениях. Дозиметрия как сочетание расчетных и измерительных методов.</p>	2	1,2,3,4,5,7,8
<p><b>Лекция 11. Нормирование дозовых нагрузок.</b></p> <p>1. Концепция приемлемого риска. Медицинская статистика и допускаемые дозы. Основные положения НРБ. Нормирование эффективной дозы для персонала и населения. Нормирование эквивалентных доз отдельных органов. Нормирование облучения отдельными видами частиц: фотонами, электронами, нейтронами. Нормирование поступления радионуклидов в организм. Нормирование активности радона и аэрозолей. Дозовые коэффициенты и пределы годового поступления для отдельных технически важных нуклидов.</p> <p>2. Требования к организации повышенного облучения персонала.</p>	2	1,2,3,4,5,7,8
<p><b>Лекция 12. Организация радиационной безопасности.</b></p> <p>1. Основные нормативные документы: ОСПОРБ-99/2010, ПРБ АС-99, СП АС-03. Зонирование территорий вокруг АЭС и самой АЭС.</p> <p>2. Выполнение требований по РБ на этапе проектирования станции.</p> <p>3. Требования к оборудованию зоны контролируемого доступа.</p> <p>4. Санитарно-пропускной режим.</p>	2	1,2,3,4,5,7,8
<p><b>Лекция 13. Дозиметрический контроль персонала I.</b></p> <p>1. Служба радиационной безопасности АЭС. Требования к ней, обязанности, полномочия.</p> <p>2. Группы персонала.</p> <p>3. Индивидуальный и групповой дозиметрический контроль. Контроль рабочих мест.</p>	2	1,2,3,4,5,7,8
<p><b>Лекция 14. Дозиметрический контроль персонала II.</b></p> <p>1. Приборы индивидуального дозиметрического контроля. Их считываемость.</p>	2	1,2,3,4,5,7,8



2. Информационная система учета доз. Учет дозовых нагрузок командированного персонала. Принцип ALARA и его практическое применение на АЭС. Коллективная доза. 3. Дозозатраты подразделения и их снижение. Планы и отчеты по дозозатратам.		
Лекция 15. <b>Радиационный контроль РАО, сбросов и выбросов АЭС.</b> 1. Контроль газов, жидкостей и аэрозолей. Пробоотбор. Применяемое оборудование: аналитические фильтры, радиометры и др. контроль загрязненности поверхностей. 2. Допускаемые активности сбросов и выбросов АЭС. Их контроль. 3. Отчетность станции по воздействию на окружающую среду. Учет воздействия на окружающую среду на этапе проектирования.	2	1,2,3,4,5,7,8
Лекция 16. <b>Организация радиационной защиты в чрезвычайных ситуациях.</b> 1. Классификация нарушений норм и правил радиационной безопасности. Последствия. 2. Работа службы радиационной безопасности при ликвидации аварий. 4. Противорадиационная аптечка. 5. Работа служб гражданской обороны. Оповещение, эвакуация. 6. Йодная профилактика персонала и населения. Советы по радиационной безопасности в быту.	2	1,2,3,4,5,7,8

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
Решение задач на радиоактивный распад, активность радионуклидов, взаимосвязь дозовых единиц измерений.	2	1,2,3,6
Решение задач на определение токов показаний ионизационных детекторов.	2	1,2,3,6
Решение задач на определение токов показаний сцинтилляционных детекторов.	2	1,2,3,6
Решение задач на определение токов показаний полупроводниковых детекторов.	2	1,2,3,6
Решение задач активационной дозиметрии нейтронов.	2	1,2,3,6
Расчет внутреннего облучения человека I.	2	1,2,3,6
Расчет внутреннего облучения человека II.	2	1,2,3,6
Решение задач с нормированием дозовых нагрузок.	2	1,2,3,6

**Перечень лабораторных работ - не предусмотрены учебным планом**

## Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<b>Раздел 1. Методы дозиметрических измерений</b> <b>Основные понятия.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Предмет радиационной безопасности. Радиоактивность, закон распада, понятие активности. Виды излучения, основные определения, описывающие поле излучения. Первичное и вторичное излучение разных видов.	4	1,2,3,4,5,6,7,8
<b>Дозиметрические величины.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Понятие дозы: поглощенной, экспозиционной, эквивалентной. Линейные потери энергии. Ионизирующая способность излучения. Коэффициенты качества и образцовое излучение. Электронное равновесие. <i>Решение задач.</i> Решение задач на обращение с дозиметрическими величинами, переводу из одних в другие.	3	1,2,3,4,5,6,7,8
<b>Источники ионизирующих излучений.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Природные и искусственные излучатели. Бета-излучатели как источники гамма-излучения, схемы распада. Природные и искусственные альфа-излучатели. Источники радиации в теплоносителе АЭС: активность. Активная зона как источник нейронного и фотонного излучения. <i>Решение задач.</i> Решение задач на радиоактивный распад, активность радионуклидов, взаимосвязь дозовых единиц измерений.	4	1,2,3,4,5,6,7,8
<b>Взаимодействие излучений с веществом и биотканью.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Комптоновское рассеяние. Фотоэффект. Образование электрон-позитронных пар. Линейный коэффициент ослабления. Экспоненциальное ослабление первичного пучка. Взаимодействие с веществом альфа- и бета-частиц. Ионизирующая способность, плотность ионизации, длина свободного пробега, распределение ЛПЭ по траектории. Дозовые коэффициенты и пределы поступления альфа- и бета-излучателей. Допустимые плотности потоков электронов. <i>Решение задач.</i> Решение задач на радиоактивный распад, активность радионуклидов, взаимосвязь дозовых единиц измерений.	4	1,2,3,4,5,6,7,8
<b>Ионизационный метод детектирования.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Пространственное и энергетическое распределение высвобожденных	2	1,2,3,4,5,6,7,8

<p>излучением электронов. Ионизационная камера. Связь собранного заряда с дозой. Влияние атомного номера стенки и газа на энергетическую чувствительность (ход с жесткостью). Кривая напряжение-заряд для ионизационных детекторов. Режим счетчика и газовое усиление. Режим Гейгера- Мюллера. Схемы включения счетчиков. Гашение заряда и мертвое время счетчика, его учет в обработке показаний.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Решение задач на определение токов показаний ионизационных детекторов.</p>		
<p><b>Дозиметрические приборы ионизационного типа.</b></p> <p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Конденсаторные камеры и их разрядка. Паспортные данные по чувствительности дозиметров и блоков детектирования. Основные производители и номенклатура детекторов, применяемых на АЭС.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Решение задач на определение токов показаний сцинтилляционных детекторов.</p>	2	1,2,3,4,5,6,7,8
<p><b>Сцинтилляционный метод детектирования и приборы.</b></p> <p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Явление сцинтилляции. Вещества-сцинтилляторы и их чувствительность. Детектирование вспышек света фотоэлектрическим усилителем, его принцип работы. Конструкция сцинтилляционных детекторов. Основные производители и номенклатура оборудования. Паспортные характеристики чувствительности.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Решение задач на определение токов показаний сцинтилляционных детекторов.</p>	2	1,2,3,4,5,6,7,8
<p><b>Полупроводниковый метод детектирования и приборы.</b></p> <p><i>Теоретические вопросы</i></p> <p>Основы физики полупроводников. Проводимость р- и n-типов. Физический принцип работы полупроводниковых детекторов, их энергетическая чувствительность. Конструкция полупроводниковых детекторов. Основные производители и номенклатура оборудования. Паспортные характеристики чувствительности.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Решение задач на определение токов показаний полупроводниковых детекторов.</p>	2	1,2,3,4,5,6,7,8
<p><b>Взаимодействие нейтронов с веществом.</b></p> <p><i>Теоретические вопросы.</i></p> <p>Дозиметрия нейтронов. Спектр нейтронов ядерных реакторов. Виды нейтронных реакций в конструкционных материалах и биоткани. Свободный пробег нейтронов. Замедление нейтронов. Активационная дозиметрия. Основные применяемые для дозиметрии реакции. Устройство нейтронных дозиметров. Отделение показаний фона быстрых, промежуточных и тепловых нейтронов: детекторы с замедлителем, кадмиевые экраны. Альбедные носимые дозиметры.</p>	3	1,2,3,4,5,6,7,8

<p><b>Дозиметрия внутреннего облучения человека.</b>  <i>Теоретические вопросы.</i>  Основные пути поступления радионуклидов в организм. Отложение нуклидов в организме: растворение в воде, отложение в специфических органах, отложение в костях. Модель человека. Выведение нуклидов. Период полувыведения и период эффективного полувыведения. Отбор проб биологических жидкостей, отбор загрязнений кожи. Применение счетчика излучения человека для контроля общей активности, активности щитовидной железы. Нормирование поступления радионуклидов в организм.  <i>Решение задач.</i>  Решение задач активационной дозиметрии нейтронов.</p>	3	1,2,3,4,5,6,7,8
<p><b>Раздел 2. Организация радиационного контроля</b>  <b>Эквивалент дозы как измеряемая величина.</b>  <i>Теоретические вопросы.</i>  Человеческое тело как источник возмущения поля излучений и невозможность прямого замера поглощенных доз. Абстрактность понятия эффективной дозы. Необходимость моделирования человека для калибровки дозиметрических приборов. Фантомы и их виды. Операционная величина – эквивалент дозы. Определение эквивалентов дозы для различных органов (кожа, хрусталик). Условность приравнивания эффекта внешнего и внутреннего облучения. Неопределенность в дозиметрических измерениях. Дозиметрия как сочетание расчетных и измерительных методов.  <i>Решение задач.</i>  Решение задач активационной дозиметрии нейтронов.</p>	3	1,2,3,4,5,6,7,8
<p><b>Нормирование дозовых нагрузок.</b>  <i>Теоретические вопросы.</i>  Концепция приемлемого риска. Медицинская статистика и допускаемые дозы. Основные положения НРБ. Нормирование эффективной дозы для персонала и населения. Нормирование эквивалентных доз отдельных органов. Нормирование облучения отдельными видами частиц: фотонами, электронами, нейтронами. Нормирование поступления радионуклидов в организм. Нормирование активности радона и аэрозолей. Дозовые коэффициенты и пределы годового поступления для отдельных технически важных нуклидов. Требования к организации повышенного облучения персонала.  <i>Решение задач.</i>  Решение задач с нормированием дозовых нагрузок.</p>	3	1,2,3,4,5,6,7,8
<p><b>Организация радиационной безопасности.</b>  <i>Теоретические вопросы.</i>  Основные нормативные документы: ОСПОРБ-99/2010, ПРБ АС-99, СП АС-03. зонирование территорий вокруг АЭС и самой АЭС. Выполнение требований по РБ на этапе проектирования станции. Требования к оборудованию зоны контролируемого доступа. Санитарно-пропускной режим.  <i>Решение задач.</i></p>	3	1,2,3,4,5,6,7,8

Решение задач с нормированием дозовых нагрузок.		
<b>Дозиметрический контроль персонала I.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Служба радиационной безопасности АЭС. Требования к ней, обязанности, полномочия. Группы персонала. Индивидуальный и групповой дозиметрический контроль. Контроль рабочих мест. <i>Решение задач.</i> Расчет внутреннего облучения человека I.	4	1,2,3,4,5,6,7,8
<b>Дозиметрический контроль персонала II.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Приборы индивидуального дозиметрического контроля. Их считываемость. Информационная система учета доз. Учет дозовых нагрузок командированного персонала. Принцип ALARA и его практическое применение на АЭС. Коллективная доза. Дозозатраты подразделения и их снижение. Планы и отчеты по додозатратам. <i>Решение задач.</i> Расчет внутреннего облучения человека II.	4	1,2,3,4,5,6,7,8
<b>Радиационный контроль РАО, сбросов и выбросов АЭС.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Контроль газов, жидкостей и аэрозолей. Пробоотбор. Применяемое оборудование: аналитические фильтры, радиометры и др. контроль загрязненности поверхностей. Допускаемые активности сбросов и выбросов АЭС. Их контроль. Отчетность станции по воздействию на окружающую среду. Учет воздействия на окружающую среду на этапе проектирования. <i>Решение задач.</i> Решение задач, связанных с дозиметрией проб I.	4	1,2,3,4,5,6,7,8
<b>Надзор за радиационной безопасностью. Контроль бытовой продукции.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Санитарно-эпидемиологический контроль в России и мире. Взаимодействие с предприятиями ядерно-топливного цикла. Контроль бытовой продукции: вода, продукты, строительные материалы. Ответственность за нарушение норм и правил радиационной безопасности. Основные положения нормативно-правовых актов. <i>Решение задач.</i> Решение задач, связанных с дозиметрией проб II.	6	1,2,3,4,5,6,7,8
<b>Организация радиационной защиты в чрезвычайных ситуациях.</b> <i>Теоретические вопросы.</i> Классификация нарушений норм и правил радиационной безопасности. Последствия. Работа службы радиационной безопасности при ликвидации аварий. Противорадиационная аптечка. Работа служб гражданской обороны. Оповещение, эвакуация. Йодная профилактика персонала и населения. Советы по радиационной безопасности в быту.	4	1,2,3,4,5,6,7,8

## Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

При изучении дисциплины «Дозиметрия ионизирующих излучений» применяются следующие образовательные технологии:

- классическое лекционное обучение с использованием наглядных пособий;
- проведение лекций при поддержке мультимедиа;
- проведение практических занятий с решением примеров у доски, а также при поддержке мультимедиа, самостоятельное решение задач обучающимися в присутствии преподавателя;
- проблемный подход;
- разноуровневое обучение;
- самостоятельное изучение дисциплины обучающимися при помощи учебных печатных и электронных изданий;
- информационно-коммуникационные технологии – в институте имеются специализированные помещения для самостоятельной работы, оборудованные персональными компьютерами с выходом в Интернет и с доступом к электронно-библиотечной системе;
- автоматизация расчетов и математическое моделирование механических систем;
- интерактивный глоссарий по дозиметрии ионизирующих излучений;
- методические указания (в том числе в электронной форме) по различным разделам дисциплины.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий

## 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:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			

1	Методы дозиметрических измерений	З-ПК-3, У- ПК-3, В- ПК-3, У- ПК-9, В- ПК-9, З- ПК-9 В-31	Практические занятия Устный опрос в форме собеседования
2	Организация радиационного контроля	З-ПК-3, У- ПК-3, В- ПК-3, З-ПК-10, У- ПК-10, В- ПК-10, У- ПК-9, В- ПК-9, З- ПК-9 В-31	Практические занятия Опрос в форме теста.
Промежуточная аттестация			
1	Зачет	З-ПК-3, У- ПК-3, В- ПК-3, У- ПК-9, В- ПК-9, З- ПК-9, З-ПК-10, У- ПК-10, В- ПК-10 В-31	Вопросы к зачету (устно)

**Входной контроль** предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

#### **Вопросы к собеседованию**

1. Гамма-излучение ядер. «Электрические» и «магнитные» переходы.
2. Ядерные реакции под действием гамма-квантов.
3. Энергия связи нуклонов в ядре. Средняя энергия связи нуклонов. Устойчивость ядер.
4. Внутренняя конверсия.
5. Энергетические потери частиц на ионизацию и возбуждение. Ионизационный пробег.
6. Взаимодействие гамма-квантов с веществом
7. Прямые ядерные реакции. Реакции под действием дейтронов.
8. Особенности ядерных реакций под действием заряженных частиц.
9. Основные характеристики радиоактивного распада ядер.
10. Законы радиоактивного распада.
11. Энергетические условия возможности радиоактивного распада.
12. Ядерная изомерия
13. Деление ядра (механизм деления на основе капельной модели).
14.  $\alpha$ - Распад. Механизм  $\alpha$ - распада.
15. Сечение ядерных реакций при низких энергиях.
16. Кварковая модель адронов.
17. Радиационные потери заряженных частиц.
18.  $\beta$ -распад. Различные виды  $\beta$ -распада.
19. Качественное рассмотрение механизма  $\beta$ -распада.
20. Образование химических элементов в природе.

#### **Шкала оценивания обучающегося на входном контроле**

<b>Требования к знаниям, умениям и навыкам обучающегося</b>	<b>Баллы рейтинговой оценки</b>
Обучающийся отлично владеет основными понятиями математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает и умеет применять основные формулы и законы, может решать нестандартные задачи.	5
Обучающийся хорошо владеет большей частью основных понятий матема-	2-4

тики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает и умеет применять основные формулы и законы, владеет методикой решения типовых задач.	
Обучающийся имеет удовлетворительный уровень знания математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает основные формулы и законы, способен решать простейшие задачи.	1
Обучающийся практически не овладел значительной частью программного материала и не владеет важнейшими инструментами математики, физики и начертательной геометрии и инженерной графики, не умеет решать даже типовых задач.	0

### **Оценочные средства для текущего контроля**

#### **Раздел 1**

#### **Вопросы к собеседованию по разделу 1**

1. Закон радиоактивного распада
2. Понятие альфа-, бета- и гамма- радиоактивности
3. Определение ионизирующего излучения
4. Определение поглощенной и экспозиционной дозы
5. Определение эквивалентной дозы. Образцовое излучение
6. Определение плотности потока и флюенса частиц
7. Записать формулу связи активности и массы радионуклида.
8. Коэффициенты качества для разных видов излучения
9. Физическая основа ионизационного метода регистрации излучений.
10. Отделение нейтронного от гамма-фона в ионизационной камере.
11. Механизм газового усиления.
12. Виды ионизационных детекторов.
13. Что такое газоразрядный счетчик?
14. Что такое конденсаторная камера?
15. Что такое датчик прямого заряда?
16. Какой режим работы газового счетчика позволяет определить энергию частицы?
17. Что такое сцинтилляция?
18. Как вспышки света в сцинтилляторе преобразуются в выходной сигнал?
19. Какие вещества используют как сцинтилляторы?
20. В каких приборах используются сцинтилляторы?
21. Физический принцип действия полупроводникового детектора.
22. Какие материалы применяют для полупроводниковых детекторов?
23. Обрисуйте основные достоинства полупроводниковых детекторов.
24. Обрисуйте основные недостатки полупроводниковых детекторов.
25. Физический принцип трековой дозиметрии нейтронов
26. Физический принцип активационной дозиметрии нейтронов
27. Назовите основные реакции активационных детекторов нейтронов
28. Как выделить показания фона быстрых нейтронов?
29. Как выделить показания фона промежуточных нейтронов?
30. Как выделить показания фона тепловых нейтронов?
31. Как человеческое тело влияет на нейтронное поле в помещении?

#### **Шкала оценивания обучающегося на устном опросе по разделу 1**



Уровень освоения материала	Баллы рейтинговой оценки
Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с материалом полностью сформированы. Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	14-15
Теоретическое содержание дисциплины освоено практически полностью, обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	12-13
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся имеет знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, однако обучающийся испытывает затруднения при решении практических задач.	9-11
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся допускает существенные ошибки, не видит взаимосвязи теории с практикой, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено. Необходима дополнительная самостоятельная работа над материалом курса.	0-9

### Набор задач к разделу 1 для решения на практических занятиях

1. Определить, какой экспозиционной дозе соответствует поглощенная доза 1 Гр при условии электронного равновесия. Ответ дать в Кл/кг и в Р.
2. Найти повышение температуры а) воды б) стали при нормальных условиях, если поглощенная доза составила 100 Гр.
3. Найти поглощенную дозу, если в начальный момент времени некий радионуклид создавал мощность поглощенной дозы  $10^{-4}$  Гр/с, его период полураспада составляет 15 ч, а облучение проводилось в течение 120 ч.
4. Доза облучения тепловыми нейтронами составила 0,5 Гр, а гамма-излучением – 1 Гр. Найти эквивалентную дозу.
5. Эквивалентная доза от облучения быстрыми нейтронами и гамма-квантами составила 25 мЗв. Известно, что поглощенная доза гамма-квантов составила 15 мГр. Найти поглощенную дозу
6. При лабораторных исследованиях выяснили, что вред от облучения в дозе 1 Гр гамма-излучения и 0,15 Гр тепловых нейтронов и 0,2 Гр нового вида частиц одинаков. Найти коэффициент качества нового вида частиц.
7. Найти ток в ионизационной камере объемом  $100 \text{ см}^3$ , заполненной воздухом, если она облучается фотонами энергии 0,662 МэВ, а разность потенциалов на электродах 200 В.
8. Определить мощность эффективной дозы в поле  $\gamma$ -квантов на

расстоянии 4 м от точечного изотропного источника  $^{137}\text{Cs} + ^{137\text{m}}\text{Ba}$  активностью  $4 \cdot 10^7$  Бк. Характеристическое излучение не учитывать.

**Раздел 2**  
**Тест по разделу 2**  
Вариант 1.

1. Поглощенная доза – это

А) отношение средней энергии, переданной ИИ веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме

Б) отношение суммы кинетических энергий всех электронов, выбитых ИИ в элементарном объеме вещества, к массе вещества в этом объеме

В) отношение полного заряда ионов одного знака, которые образуются в воздухе при полном торможении электронов и позитронов, освобождаемых фотонами в единице массы воздуха, к этой массе

2. Эквивалентная доза (выберите верные утверждения) ...

А) ... численно равна произведению поглощенной дозы на коэффициент качества излучения

Б) ... в данном органе численно равна произведению поглощенной дозы на коэффициент качества излучения и на взвешивающий коэффициент для данного органа

В) ..., равная 1 Зв – это доза излучения любого вида, причиняющая живому организму такой же вред, что и поглощенная доза образцового излучения, равная 1 Гр

Г) ... это устаревшее и выведенное из нормативных документов наименование поглощенной дозы, выраженное в рентгенах (Р)

3. Поглощенные дозы в организме от облучения гамма-квантами и тепловыми нейтронами составили по 0,1 Гр. Сколько составит эквивалентная доза? Коэффициенты качества гамма-квантов 1, тепловых нейтронов 5.

4. При равных поглощенных дозах облучение какими частицами опаснее – альфа или бета?

А) Альфа-частицами

Б) Бета-частицами

В) Опасность одинакова

5. Главный вредный фактор ионизирующего излучения – это

А) разогрев тела человека до недопустимо высокой температуры

Б) локальные повреждения половых и соматических клеток ионизирующим эффектом

В) разрушение белковых структур реакцией  $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$ .

6. Наиболее чувствительная к облучению категория населения – это

А) Работники объектов использования атомной энергии

Б) Младенцы и беременные женщины

В) Подростки в период полового созревания

Г) Пожилые люди

7. Какие дозы вызывают легкую степень лучевой болезни?

А) 200-400 мЗв

Б) 1-2 Зв

В) 5-6 Зв

8. При каких минимальных разовых дозах можно достоверно говорить о росте онкологической заболеваемости с ростом дозы?

А) 1-5 мЗв

Б) 100-200 мЗв

В) 0,8-1,0 Зв

9. Прибор, измеряющий активность рабочей среды или продукта питания – это А) Дозиметр Б) Радиометр В) Установка СИЧ.

10. Газоразрядным счетчиком называют детектор

А) Ионизационного типа, работающий в токовом режиме

Б) Ионизационного типа, работающий на эффекте газового усиления

В) Ионизационного типа, работающий в области самостоятельного разряда (Гейгера-Мюллера)

Г) Сцинтилляционного типа, работающий в блоке с фотоэлектрическим усилителем

11. Выберите верные утверждения. Сцинтилляционный детектор...

А) ... должен состоять из вещества-сцинтиллятора и фотоэлектрического усилителя

Б) ... используется в составе установок – счетчиков излучения человека (СИЧ)

В) ... должен иметь таллий в составе сцинтиллятора

Г) ... обладает более высокой чувствительностью, чем ионизационные детекторы

12. Дозиметрический фантом – это?

А) Имитатор человеческого тела, предназначенный для дозиметрических исследований и калибровки приборов

Б) Ложные показания дозиметра, связанные с рассеянным излучением тела человека

В) Анатомический препарат из биоткани, предназначенный для дозиметрических исследований и калибровки приборов

13. Выберите правильные утверждения. В санитарно-защитной зоне АЭС...

А) ... запрещено постоянное проживание людей

Б) ... запрещено размещение детских и здравоохранительных учреждений

В) ... запрещена сельскохозяйственная деятельность

Г) ... запрещено пребывание персонала, не работающего на АЭС

14. Переход из зоны контролируемого доступа в зону свободного доступа ...

А) ... запрещен

Б) ... запрещен в течение одной смены

В) ... запрещен без прохода через санпропускник

Г) ... запрещен без обработки тела дезактивирующими растворами

15. Необслуживаемые помещения – это:

А) Помещения для отдыха персонала, где не проводится обслуживание оборудования

Б) Помещения, в которые после завершения монтажа АЭС невозможен доступ конструктивно

В) Помещения, в которые запрещен доступ при работе реактора на мощности

16. По распоряжению может быть выполнена работа, сопряженная с получением дозы облуче-

ния:

- А) Не выше 0,2 мЗв
- Б) Не выше пределов, установленных НРБ-99/2009
- В) Не выше удвоенных значений пределов, установленных НРБ-99/2009

17. Основным источником активности водяного теплоносителя это

- А) Азот, получаемый из реакции  $^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$
- Б) Кобальт  $^{60}\text{Co}$ , получаемый активацией из продуктов коррозии материалов первого контура
- В) Бета-активные продукты деления топлива

18. Имеются нуклид X активностью  $10^{10}$  Бк и нуклид Y активностью  $5 \times 10^9$  Бк, при этом керма-эквивалент нуклида X в два раза больше. В отсутствие экранов в одной и той же точке

- А) мощность дозы от точечного изотропного источника X будет больше, чем от Y
- Б) мощность дозы от точечного изотропного источника Y будет больше, чем от X
- В) мощности дозы от этих источников будут одинаковы

19. Имеется нуклид  $^A\text{X}$  с дозовым коэффициентом при употреблении с пищей  $e_x = 1,5 \times 10^{-6}$  Зв/Бк и нуклид  $^{A+1}\text{X}$  – с дозовым коэффициентом  $e_y = 2,5 \times 10^{-6}$  Зв/Бк. Доза от употребления активности  $10^2$  Бк с пищей

- А) Будет больше для нуклида  $^A\text{X}$
- Б) Будет больше для нуклида  $^{A+1}\text{X}$
- В) Для ответа необходимо знать периоды полураспада данных нуклидов

20. НРБ-99/2009 предписывает, что работы, связанные с планируемым повышенным облучением

- А) Запрещены
- Б) Могут быть разрешены начальником подразделения АЭС
- В) Могут быть разрешены директором АЭС или органами санэпиднадзора
- Г) Могут быть разрешены органами санэпиднадзора

#### Вариант 2.

1. Экспозиционная доза – это

А) отношение суммы кинетических энергий всех электронов, выбитых ИИ в элементарном объеме вещества, к массе вещества в этом объеме

Б) отношение полного заряда ионов одного знака, которые образуются в воздухе при полном торможении электронов и позитронов, освобождаемых фотонами в единице массы воздуха, к этой массе

В) отношение средней энергии, переданной ИИ веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме

2. При равных поглощенных дозах облучение какими нейтронами опаснее – с энергией 0,025 эВ или 1 МэВ?

- А) С энергией 0,025 эВ
- Б) С энергией 1 МэВ
- В) Опасность одинакова

3. Легкие человека были подвергнуты облучению в эквивалентной дозе 0,2 Зв. Кожа – 0,4 Зв. Сколько составит эффективная доза, если облучением прочих органов можно пренебречь? Взве-

шивающие коэффициенты – легких 0,12, кожи 0,01.

4. При определении эквивалентной дозы один из видов излучения принимается за образцовый. Это

- А) Гамма-излучение
- Б) Альфа-излучение
- В) Нейтронное излучение с энергией 0,025 эВ.

5. Наиболее радиочувствительными клетками являются из перечисленных

- А) Клетки слизистых поверхностей желудка и пищевода
- Б) Клетки головного мозга
- В) Кроветворящие клетки красного костного мозга

6. Какие дозы считаются гарантированно смертельными?

- А) 10-12 Зв
- Б) 4-5 Зв
- В) 1-2 Зв

7. Какие последствия облучения в основном положены в основу нормирования доз?

- А) Развитие радиогенных лейкозов и опухолей всех видов
- Б) Развитие рака щитовидной железы, рака кости
- В) Развитие психических расстройств в результате повреждений нервной системы

8. Какой радионуклид, содержащийся в воздухе, обеспечивают самую значительную часть дозовой нагрузки от воздуха?

- А) Радон Rn-222
- Б) Криптон Kr-85
- В) Азот N-13

9. Ионизационный детектор, работающий в токовом режиме, называется

- А) Газоразрядным счетчиком
- Б) Радиометром
- В) Ионизационной камерой

10. Минусом счетчика Гейгера можно назвать

- А) то, что он не различает энергии детектируемых частиц
- Б) то, что работа в области Гейгера-Мюллера может разрушить прибор
- В) то, что такие счетчики являются наиболее дорогостоящими

11. Какие способы гашения разряда в счетчике Вам известны?

- А) Применение специальных электронных схем
- Б) Применение добавок к газовой среде счетчика, гасящих разряд
- В) Учет мертвого времени счетчика в пересчете его показаний

12. Какой радионуклид, содержащийся в воздухе, обеспечивают самую значительную часть дозовой нагрузки от воздуха?

- А) Радон Rn-222
- Б) Криптон Kr-85
- В) Азот N-13

13. Выберите правильные утверждения. В зоне наблюдения АЭС...

- А) ... запрещено постоянное проживание людей
- Б) ... запрещено размещение детских и здравоохранительных учреждений
- В) ... запрещена сельскохозяйственная деятельность
- Г) ... ведется постоянный контроль радиационной обстановки
- Д) ... допускается разместить поселок энергетиков (город-спутник) 1

4. Санпропускник атомной станции должен содержать:

- А) Помещения для хранения и одевания личной одежды
- Б) Помещения для хранения и одевания спецодежды
- В) Пункт дозиметрического контроля
- Г) Трапы спецканализации
- Д) Систему связи с блочным щитом управления

15. Выберите правильные утверждения. Центральный и блочный щит управления ...

- А) ... должны находиться в ЗКД
- Б) ... должны находиться в ЗСД
- В) ... могут находиться в ЗСД или ЗКД в зависимости от типа реактора

16. Выберите верное утверждение. Дозиметрические наряды...

- А) ... выдаются руководителем подразделения, регистрируются службой радиационной безопасности
- Б) ... содержат фамилию и подпись дежурного службы радиационной безопасности
- В) ... передаются для учета в концерн «Росэнергоатом»
- Г) ... могут при определенных условиях не содержать разрешенной индивидуальной дозы облучения работников

17. Основным источником наведенной активности водяного теплоносителя это А) Азот, получаемый из реакции  $^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$

- Б) Кобальт  $^{60}\text{Co}$ , получаемый активацией из продуктов коррозии материалов первого контура
- В) Бета-активные продукты деления топлива

18. Имеются нуклид X активностью  $10^{12}$  Бк и нуклид Y активностью  $2 \times 10^{11}$  Бк, при этом керма-эквивалент нуклида Y в пять раз больше. В отсутствие экранов в одной и той же точке

- А) мощность дозы от точечного изотропного источника X будет больше, чем от Y
- Б) мощность дозы от точечного изотропного источника Y будет больше, чем от X
- В) мощности дозы от этих источников будут одинаковы

19. Имеется нуклид AX с дозовым коэффициентом при употреблении с пищей  $e_X = 1,5 \times 10^{-6}$  Зв/Бк и нуклид A+1X – с дозовым коэффициентом  $e_{A+1X} = 2,5 \times 10^{-6}$  Зв/Бк. Доза от употребления активности 5 мкг с пищей

- А) Будет больше для нуклида AX
- Б) Будет больше для нуклида A+1X
- В) Для ответа необходимо знать, какой именно элемент является X

20. НРБ-99/2009 предписывает, что работы, связанные с планируемым повышенным облучением

- А) Запрещены
- Б) Могут быть разрешены только федеральными органами санэпиднадзора
- В) Могут быть разрешены федеральными или территориальными органами санэпиднадзора
- Г) Могут быть разрешены директором АЭС

**Критерии оценки (максимальное количество баллов – 15 баллов):**

За тест выставляется:

- 15 баллов – при ответе на 20 вопросов;
- 14 – при ответе на 19 вопросов;
- 13 – при ответе на 18 вопросов;
- 11 – при ответе на 17 вопросов;
- 10 – при ответе на 16 вопросов;
- 9 – при ответе на 15 вопросов;
- 8 – при ответе на 14 вопросов;
- 6 – при ответе на 13 вопросов;
- 5 – при ответе на 12 вопросов;
- 4 – при ответе на 11 вопросов;
- 3 – при ответе на 10 вопросов;
- 1 – при ответе на 9 вопросов;
- 0 баллов – при 8 и менее правильных ответов.

Неполные и частично ошибочные ответы на вопрос могут быть оценены в 3 балла

**Набор задач к разделу 2 для решения на практических занятиях**

1. Найти количество альфа-частиц, выделившихся в борном активационном детекторе при облучении его потоком тепловых нейтронов плотностью потока  $\Phi = 10^{10} \text{ 1/(см}^2 \cdot \text{с)}$
2. Найти плотность потока быстрых нейтронов, если активность медного детектора быстрых нейтронов, облучавшегося в течение 30 минут, составила 25 Бк. Плотность меди  $8,5 \text{ г/см}^3$ , объем чувствительного элемента  $3 \text{ см}^3$ .
3. Найти плотность потока тепловых, промежуточных и быстрых нейтронов, если голый борный детектор выделил  $10^6$  альфа-частиц, он же, окруженный толстым слоем полиэтилена, выделил  $2 \cdot 10^6$  частиц, и он же, покрытый кадмиевым экраном, дал  $10^4$  частиц. Сечения активации промежуточными и тепловыми нейтронами найти в базе JANIS.
4. Найти эффективную дозу, получаемую персоналом, если его рабочее место находится в зоне с мощностью гамма-фона  $0,16 \text{ мкЗв/ч}$ , а 200 часов в году он проводит в периодически обслуживаемом помещении с мощностью дозы  $0,5 \text{ мкЗв/ч}$ . Допустимо ли для данного сотрудника проводить дополнительно 50 часов в году на временном рабочем месте, где плотность потока быстрых нейтронов ( $E = 1-2 \text{ МэВ}$ ) достигает  $10^4 \text{ 1/(см}^2 \cdot \text{с)}$ ?
5. Скорость воздухообмена через йодный фильтр составляет  $8 \text{ м}^3/\text{с}$ . После часа пропускания воздуха на фильтре накопилась активность  $8 \cdot 10^3 \text{ Бк}$ . Определить удельную активность подаваемого воздуха. Если известно, что эффективность фильтра не ниже 99,5% по массе улавливаемого йода, определить, допустимо ли сбрасывать очищенный воздух в вентиляционную трубу.
6. Оператор облучается изотропно фотонами, имеющими энергию  $0,662 \text{ МэВ}$  и плотность потока  $10^3 \text{ фотон/(см}^2 \cdot \text{с)}$ . Чему будет равна эффективная доза за шесть часов работы в данном поле излучения?
7. Определить эффективную дозу, если эквивалентные дозы в органах пациента составляют (в мкЗв): легкие – 200, грудная железа – 30, поверхность костной ткани – 20. а) Облучением остальных органов пренебречь. б) считать, что остальные органы получили равномерно  $100 \text{ мкЗв}$ ,

кожа – 500 мкЗв.

## Оценочные средства для промежуточной аттестации

### Вопросы к зачету

1. Виды ионизирующих излучений и их источники.
2. Численные характеристики поля излучения. Концентрация частиц, плотность потока, плотность тока.
3. Дозовые характеристики излучения. Поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы.
4. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Комптон-эффект
5. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Фотоэффект
6. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Образование пар.
7. Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Плотность ионизации.
6. Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Длина свободного пробега в веществах.
7. Взаимодействие бета-частиц с веществом. Длина свободного пробега в веществах..
8. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление. Спектр замедляющихся нейтронов
9. Взаимодействие нейтронов с веществом. Поглощение. Захватное излучение.
10. Формирование дозы гамма-излучения. Линейные энергетические коэффициенты.
11. Керма. Керма-постоянная и керма-эквиваленты. Расчет доз с их помощью.
12. Физический принцип ионизационного метода регистрации излучений.
13. Устройство и принцип работы ионизационной камеры.
14. Устройство и принцип работы газоразрядного счетчика.
15. Преимущества и недостатки, применение ионизационных детекторов излучений.
16. Явление сцинтилляции. Вещества-сцинтилляторы
17. Устройство и принцип работы сцинтилляционного детектора.
18. Устройство и принцип работы фотоэлектрического усилителя.
19. Применение сцинтилляционных детекторов, их плюсы и минусы.
20. Основы физики полупроводников, виды проводимости.
21. Принцип работы и устройство полупроводникового детектора излучений.
22. Дозиметрический контроль персонала. Групповой и индивидуальный.
23. Нормирование облучения персонала. Планируемое повышенное облучение.
24. Радиационный контроль газов и аэрозолей на АЭС.
25. Радиационный контроль радиоактивных отходов на АЭС.
26. Контроль внутреннего облучения человека. СИЧ.

### Шкала оценивания обучающегося на зачете

Уровень освоения материала	Оценка (стан- дартная)	Баллы рейтинговой оценки
Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с материалом полностью сформированы. Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	«Зачтено»	36-40



Теоретическое содержание дисциплины освоено практически полностью, обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.		31-35
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся имеет знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, однако обучающийся испытывает затруднения при решении практических задач.		24-30
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся допускает существенные ошибки, не видит взаимосвязи теории с практикой, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено. Необходима дополнительная самостоятельная работа над материалом курса.	«Не зачтено»	0-23

Баллы итоговой рейтинговой оценки по дисциплине «Дозиметрия ионизирующих излучений»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Требования к знаниям
100-85	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

## Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Климанов, В. А. Дозиметрия ионизирующих излучений : учебное пособие / В. А. Климанов, Е. А. Крамер-Агеев, В. В. Смирнов ; под редакцией В. А. Климанова. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2015. — 740 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/126644/#468>
2. Коннова, Л. А. Основы радиационной безопасности : учебное пособие / Л. А. Коннова, М. Н. Акимов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 164 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/123473/#3>.
3. Мархоцкий, Я.Л. Основы радиационной безопасности населения [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2014. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65267>.
4. Микшевич, Н. В. Радиационная безопасность : учебное пособие / Н. В. Микшевич. — Екатеринбург : УрГПУ, 2016. — 182 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/158986/#4>

#### Дополнительная литература:

5. Барин, С. В. Оценка уровня ионизирующих излучений в нормальных условиях и аварийных ситуациях : учебное пособие / С. В. Барин, А. Г. Кузьмин. — Вологда : ВоГУ, 2014. — 63 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/93090/#1>
6. Мельник, Н. А. Практикум по дозиметрии и радиометрии : учебное пособие / Н. А. Мельник. — Мурманск : МГТУ, 2014. — 212 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/142619/#5>
7. Елохин, А. П. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки окружающей среды : учебное пособие / А. П. Елохин. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. — 316 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/75708/#5>
8. Королев, С. А. Датчики и детекторы физико-энергетических установок : учебное пособие / С. А. Королев, В. П. Михеев. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 232 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/75706/#4>

### **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебной аудитории, оборудованной видеопроектором, экраном, персональным компьютером и динамиками.

Для самостоятельной работы обучающихся имеются специализированные помещения, оборудованные персональными компьютерами с выходом в Интернет и с доступом к электронно-библиотечной системе института.

На компьютерах установлено лицензионное программное обеспечение.

### **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 сту-

дентов).

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 практических занятиях

Перед посещением практического занятия уяснить тему 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 практического занятия.

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 практического занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

## 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.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

# 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, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции. 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.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументированно обосновать собственную позицию по спорным теоретическим

вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

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

## 2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему практического занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой практического занятия.

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 практического занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

## 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

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

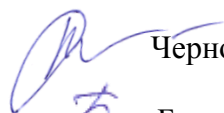
При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

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).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

Рабочую программу составил профессор

 Чернова Н. М..

Рецензент: доцент

 Барановская Л.В.

Программа одобрена на заседании УМКС 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг от 04.07.2023 года, протокол №6.

Председатель учебно-методической комиссии

 Маггеррамов Р. А.