

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Одобрено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ДОЗИМЕТРИЯ И ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

направление/профиль

Проектирование и эксплуатация атомных станций

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-3	Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций	Знать: • основные физические законы и методы обработки данных. Уметь: • работать по заданной методике; • составлять описания проводимых исследований и отчеты; • подготавливать материалы для научных публикаций. Владеть: • навыками проведения физических экспериментов по заданной методике; • основами компьютерных и информационных технологий; • научной терминологией.
ПК-8	Способен к оценке ядерной и радиационной безопасности и контролю за соблюдением экологической безопасности	Знать: • методы оценки ядерной и радиационной безопасности, контроля за соблюдением экологической безопасности. Уметь: • оценивать ядерную и радиационную безопасность; • проводить контроль за соблюдением экологической безопасности.

		Владеть: • навыками оценки ядерной, радиационной и экологической безопасности.
--	--	---

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Физика», «Математика», «Ядерная физика».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Медико-биологические основы радиационной безопасности», «Безопасность жизнедеятельности», «Атомное право», «Основы радиационной химии», «Радиационная гигиена», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ядерного топливного цикла», выполнение научно-исследовательской работы, всех видов практики и выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид работы	Форма обучения
	Очная
	Семестр
	№6
	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	64
В том числе:	
лекции (лекции в интерактивной форме)	16
практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)	16
лабораторные занятия	32
Промежуточная аттестация	
зачет	-
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	44
В том числе:	
Подготовка к семинарским занятиям	10
Подготовка к лабораторным работам	10
Подготовка ко всем видам контрольных испытаний текущего контроля успеваемости (контрольные работы, защита лабораторной работы) (в течение семестра)	10
Подготовка экзамену (Проработка конспекта лекций, учебников, учебных пособий и обязательной литературы)	14
Всего (часы):	108
Всего (зачетные единицы):	3

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы (в часах)				
		Очная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Ионизирующее излучение	4	4	8	-	8
1.1.	Введение Источники ионизирующего излучения	2	2	-	-	2
1.2.	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	2	2	8	-	6
2.	Дозиметрия облучения человека	4	6	8	-	10
2.1.	Базовые дозиметрические величины	1	4	8	-	8
2.2.	Биологическое действие излучений	2	-	-	-	-
2.3.	Основы дозиметрии внутреннего облучения	1	2	-	-	2
3.	Защита от ионизирующих излучений	-	6	16	-	14
3.1.	Геометрия источников излучения	-	2	-	-	2
3.2.	Защита от гамма-излучения	-	2	8	-	6
3.3.	Защита от нейтронов	-	2	8	-	6
4.	Дозиметрия ионизирующих излучений. Основные источники и уровни облучения населения и работников	8	-	-	-	28
4.1.	Основы нормирования в области обеспечения радиационной безопасности	1	-	-	-	8
4.2.	Физические основы дозиметрии	4	-	-	-	6
4.3.	Аппаратура для радиационного дозиметрического контроля	1	-	-	-	8
4.4.	Основные источники и уровни облучения персонала и населения	2	-	-	-	6
	ВСЕГО:	16	16	32	-	60

Прим.: Лек – лекции, Сем/Пр – семинары, практические занятия, Лаб – лабораторные занятия, СРО – самостоятельная работа обучающихся

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Ионизирующее излучение	
1.1.	Введение. Источники ионизирующего излучения	Современная структура системы величин в радиационной защите и безопасности. Характеристики радионуклидов и источников излучения. Спонтанные ядерные превращения и излучения, сопутствующие ядерным превращениям: конверсионное излучение, характеристическое излучение, излучение электронов Оже, запаздывающее нейтронное излучение, внутреннее образование электрон-позитронных пар. Ядерные реакции. Энергетические спектры излучения при ядерных превращениях. Характеристики радионуклидных источников, активность, период полураспада и константа распада. Закон радиоактивного распада, закон накопления числа радиоактивных ядер для материнского и дочерних радионуклидов. Соотношение между массой и активностью радионуклида. Спектры излучения источников. Дифференциальные и интегральные характеристики поля излучения. Поток, плотность потока, флюенс частиц и энергии, интенсивность излучения. Поля точечных источников излучения.
1.2.	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	Непосредственно и косвенно ионизирующие излучения. Первичные взаимодействия фотонов, нейтронов, тяжелых заряженных частиц и электронов с атомами и молекулами. Передача энергии излучения веществу. Ионизационные и радиационные потери энергии электронов. Потери энергии тяжелых заряженных частиц. Энергия, переданная мишени.
2.	Дозиметрия облучения человека	
2.1.	Базовые дозиметрические величины	Керма, экспозиционная доза, поглощенная доза, их связь с потоковыми характеристиками. Гамма-постоянные радионуклидов и гамма-эквиваленты источников сложного нуклидного состава. Расчет базовых дозиметрических величин для точечного изотропного источника.
2.2.	Биологическое	Биологические эффекты у человека.

	действие излучений	Детерминированные, стохастические и генетические эффекты. Эквидозиметрические величины. Характеристика качества излучения для оценки рисков. Коэффициенты относительной биологической эффективности для детерминированных эффектов в отдельных органах и тканях и взвешивающие коэффициенты излучения для стохастических эффектов. Поглощенная доза в органе, ОБЭ-взвешенная доза и эквивалентная доза в органе и ткани. Величины, устанавливающие требования к состоянию радиационной безопасности. Характеристики вероятности возникновения стохастических эффектов, взвешивающий коэффициент для органов и тканей. Эффективная доза и коллективная эффективная доза. Величины для демонстрации соответствия требованиям радиационной безопасности. Эквивалент дозы, амбиентный и индивидуальный эквивалент дозы, доза эффективная ожидаемая. Характеристика качества излучения – коэффициент качества излучения и дозовый коэффициент ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения.
2.3.	Основы дозиметрии внутреннего облучения	Радиометрия радиоактивных газов и аэрозолей. Образование и свойства радиоактивных газов и аэрозолей. Контроль радиоактивных газов и аэрозолей в помещениях, радиоактивных выбросах и сбросах. Образование искусственных аэрозолей при работе АЭС. Внутреннее облучение. Биокинетика радионуклидов в теле человека. Камерная модель. Формирование доз внутреннего облучения. Определение ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения. Счетчики облучения человека (СИЧ) MIRD-методика расчета поглощенных доз.
3.	Защита от ионизирующих излучений	
3.1.	Геометрия источников излучения	Протяженные источники излучения с равномерно распределенной активностью: линейный, кольцевой, дисковый, цилиндрический полый источник (боковые стенки которого являются источниками), цилиндрический объемный непоглощающий источник, полубесконечное пространство с равномерно распределенной

		мощностью, бесконечное пространство с равномерно распределенной удельной мощностью. Характеристики полей излучения, создаваемые протяженными источниками излучения.
3.2.	Защита от гамма-излучения	Классификация защит. Расчет дозовых характеристик за защитой для обеспечения безопасной работы персонала. Геометрия широкого и узкого пучка излучения. Факторы накопления рассеянного излучения для гетерогенных и гомогенных сред. Формула Бродера. Аналитическая формула Тэйлора. Инженерные методы расчета защиты от гамма-излучения. Универсальные таблицы Н.Гусева, расчет защиты по слоям половинного ослабления. Расчет защиты от немонотонноэнергетических источников излучения методом конкурирующих линий.
3.3.	Защита от нейтронов	Дозовый состав нейтронов в защите. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов. Метод длин релаксации. Использование концепции сечения выведения для расчета мощностей доз быстрых нейтронов за гетерогенной защитой. Вторичное гамма-излучение в защите. Использование номограмм для расчета защиты от нейтронов.
4.	Дозиметрия ионизирующих излучений. Основные источники и уровни облучения населения и работников	
4.1.	Основы нормирования в области обеспечения радиационной безопасности	Стратегия и тактика обеспечения радиационной безопасности. Принцип ALARA. Требования нормативных документов к организации и проведению радиационного контроля.
4.2.	Физические основы дозиметрии	Дозиметрические детекторы. <i>Ионизационные</i> : универсальная характеристика ионизационной камеры, конденсаторные камеры, газоразрядные счетчики, полостные ионизационные камеры. <i>Сцинтилляционные</i> : дозиметрические характеристики сцинтилляторов, токовый и счетчиковый режимы сцинтилляционного дозиметра, ФЭУ. <i>Фотографические</i> : фотохимическое действие излучения, индивидуальный фотоконтроль, компенсация энергетической зависимости чувствительности. <i>Полупроводниковые</i> : носители электрических зарядов в полупроводниковом дозиметре, <i>p-n</i> -переход, дозиметрические характеристики полупроводниковых детекторов. Дозиметрия

		нейтронного излучения: особенности дозиметрии нейтронов на АЭС, методы дозиметрии на основе эффекта замедления нейтронов, индивидуальные альбедные дозиметры нейтронов.
4.3.	Аппаратура для радиационного дозиметрического контроля	Приборы и комплексы индивидуального дозиметрического контроля с дозиметрами-накопителями. Электронные прямопоказывающие дозиметры для индивидуального контроля. Носимые портативные дозиметры и многофункциональные дозиметры-радиометры. Системы индивидуального и группового дозиметрического контроля.
4.4.	Основные источники и уровни облучения персонала и населения	Естественные источники ионизирующих излучений. Техногенно измененный радиационный фон. Мировая статистика облучения профессиональных работников. Международные организации МКРЗ, НКДАР ООН, МАГАТЭ.

Практические/семинарские занятия

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Ионизирующее излучение	
1.1.	Введение. Источники ионизирующего излучения	Радиометрические величины. Характеристики источников ионизирующего излучения. Характеристики поля излучения.
2.	Дозиметрия облучения человека	
2.1.	Базовые дозиметрические величины	Базовые дозиметрические величины. Характеристики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом. Передача энергии и поглощение энергии ионизирующего излучения веществом. Дозовые характеристики излучения. Фотонное излучение источников со сложным спектральным составом и источников с материнскими и дочерними радионуклидами. Бета-излучение изотропных источников.
2.2.	Биологическое действие излучений	Эквидозиметрические величины Величины для оценки рисков развития эффектов излучения. Величины для определения требований к состоянию радиационной безопасности. Величины для демонстрации соответствия требованиям обеспечения радиационной безопасности.
3.	Защита от ионизирующих излучений	

3.1.	Геометрия источников излучения	Поле излучения точечных и протяженных источников без защиты
3.2.	Защита от гамма-излучения	Защита от гамма-излучения
3.3.	Защита от нейтронов	Защита от нейтронов

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Название лабораторной работы
1.	Ионизирующее излучение	
1.2	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	Термолюминесцентный метод индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения
2	Дозиметрия облучения человека	
2.1	Базовые дозиметрические величины	Градуировка сцинтилляционного гамма-дозиметра и оценка мощности эффективной дозы
3	Защита от ионизирующих излучений	
3.1	Защита от гамма-излучения	Измерение факторов накопления гамма-излучения в различных средах
3.2	Защита от нейтронов	Определение мощности эффективной дозы, эквивалента дозы и сечения выведения нейтронов

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Александрова О.П. Лекции по дозиметрии и защите от излучений. – [Электронный документ].
2. Комплект мультимедийных слайдов по дисциплине «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», составитель Александрова О.П. – [Электронный документ].
3. Учебные и методические пособия, учебники [1-16]
4. Романцов В.П., Романцова И.В., Ткаченко В.В. Сборник лабораторных работ по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. Издание 2-е, дополненное и переработанное. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2010. – 132 с.
5. Банки заданий и задач, сформулированных на основе реальных данных (сборник задач [2] - метод. кабинет на кафедре ядерной физики (ауд. 2-113, 2-111), библиотечный фонд ИАТЭ НИЯУ МИФИ).

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и её формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль			
1.	Раздел 1	ПК-3, ПК-8	Тест №1
2.	Раздел 2	ПК-3, ПК-8	Контрольная работа 1
3.	Раздел 3	ПК-3, ПК-8	Контрольная работа 2
4.	Раздел 4	ПК-3, ПК-8	Тест №2
Промежуточный контроль			
	Зачет	ПК-3, ПК-8	Зачетный билет

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Зачет

а) типовые вопросы (задания):

1. Система дозиметрических величин. Экспозиционная и поглощённая дозы, единицы измерения.
2. Система дозиметрических величин. Эквивалентная и эффективная дозы, единицы измерения.
3. Система дозиметрических величин. Ожидаемые эквивалентная и эффективная дозы, единицы измерения.
4. Система дозиметрических величин. Амбиентный и индивидуальный эквивалент дозы, единицы измерения.
5. Система дозиметрических величин. Поглощённая доза излучения и поглощённая доза в органе, линейная передача энергии; единицы измерения.
6. Система дозиметрических величин. Активность радионуклидного источника, флюенс и плотность потока частиц; единицы измерения.
7. Система дозиметрических величин. Поглощённая доза излучения и керма; единицы измерения.
8. Биологическое действие ионизирующих излучений. Детерминированные эффекты облучения.
9. Биологическое действие ионизирующих излучений. Стохастические эффекты облучения.
10. Биологическое действие ионизирующих излучений. Понятие об относительной биологической эффективности излучений.
11. Основные принципы обеспечения радиационной безопасности.
12. Управление источником как метод и средство радиационной безопасности.
13. Контроль профессионального облучения. Стратегия обеспечения радиационной безопасности.

14. Контроль профессионального облучения. Тактика обеспечения радиационной безопасности.
15. Контроль профессионального облучения. Нормируемые величины облучения персонала в нормальных условиях эксплуатации источников излучения.
16. Контроль профессионального облучения. Нормируемые величины планируемого повышенного облучения.
17. Физические основы дозиметрии фотонного излучения. Коэффициенты ослабления и передачи энергии; единицы измерения.
18. Физические основы дозиметрии фотонного излучения. Эффективный атомный номер сложного вещества.
19. Принцип ионизационного метода дозиметрии на примере ионизационной камеры.
20. Соотношение Брэгга-Грея.
21. Напёрстковые ионизационные камеры. Ход с жёсткостью.
22. Конденсаторные ионизационные камеры.
23. Чувствительность газоразрядного счётчика по мощности дозы.
24. Чувствительность по мощности дозы сцинтилляционного детектора, работающего в счётчиковом режиме.
25. Принцип фотографического метода дозиметрии.
26. Принцип люминесцентного метода дозиметрии.
27. Физические основы дозиметрии нейтронов.
28. Активационный метод дозиметрии нейтронов.
29. Понятие о трековом методе дозиметрии заряженных частиц.
30. Понятие о дозиметрии радиоактивных газов и аэрозолей.

6.2.2. Тест №1

а) типовые задания (вопросы):

Тест включает 20 вопросов с вариантами ответов, например:

1. Излучение, в поле которого любые направления распространения частиц и фотонов являются равновероятными называют
 - А) мононаправленным
 - Б) моноэнергетическим
 - В) изотропным**
2. Корпускулярное ионизирующее излучение.
 - А) альфа (α), гамма (γ) - излучение
 - Б) гамма (γ), бета (β) - излучение
 - В) альфа (α), бета (β) – излучение**
3. $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot e^{-\frac{0,693t}{T_{1/2}}}$
 - А) закон радиоактивного распада**
 - Б) закон накопления радиоактивных ядер при активации
 - В) закон ослабления потока излучения

4. Определить период полураспада $T_{1/2}$ и постоянную распада λ радионуклида, если за сутки его активность уменьшилась на 75 %.

А) $\lambda = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$; $T_{1/2} = 0,5 \text{ сут}$;

Б) $\lambda = 1,6 \text{ с}^{-1}$; $T_{1/2} = 0,5 \text{ с}$;

В) $\lambda = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$; $T_{1/2} = 0,5 \text{ час}$;

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Тест считается выполненным при условии правильного решения не менее 50% предложенных заданий одного из вариантов.

в) описание шкалы оценивания:

Все решенные задания в каждом варианте суммарно оцениваются 10 баллами: задания 1-20 – 0,5 баллов каждое. Минимум правильных ответов – 6.

6.2.3. Тест №2

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Тест включает 20 вопросов с вариантами ответов, например:

1. Укажите вид ИИ, коэффициент качества которого имеет наибольшее значение:

А) нейтронное

Б) бета-излучение

В) альфа-излучение

2. Детерминированные эффекты при аварии на АЭС обычно проявляются

А) развитием острой лучевой болезни

Б) повышенной частотой раковых заболеваний

В) в появлении у лиц репродуктивного возраста потомства с наследственными заболеваниями и пороками развития

Г) развитием хронической лучевой болезни

3. Единица измерения эффективной дозы в СИ

А) Грей

Б) Зиверт

В) Рентген

4. Расчет мощности экспозиционной дозы $\dot{X}$ на расстоянии r от данного источника с известной активностью A

А) $\dot{X} = \frac{A \cdot \Gamma_x}{r^2}$

Б) $\dot{X} = \frac{r^2 \cdot \Gamma_x}{A}$

В) $\dot{X} = \frac{A \cdot \Gamma_x}{r}$

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Тест считается выполненным при условии правильного решения не менее 10 предложенных заданий одного из вариантов.

в) описание шкалы оценивания:

Все решенные задания в каждом варианте суммарно оцениваются 10 баллами: задания 1-20 – 0,5 баллов каждое. Минимум правильных ответов – 6.

6.2.4. Контрольная работа № 1

а) типовые задания (задачи) - образец:

Вариант № 1

1. Какова активность (без учета дочерних продуктов) а) 1 г $^{226}_{88}\text{Ra}$ и б) 1 г $^{238}_{92}\text{U}$? Во сколько раз активность $^{226}_{88}\text{Ra}$ больше активности $^{238}_{92}\text{U}$?
2. Определить мощность воздушной кермы на расстоянии 1 м от точечного изотропного источника, испускающего гамма-кванты с энергиями 1 МэВ (квантовый выход 12 %) и 0,05 МэВ (85 %). Активность источника 10^8 Бк.
3. При работе с источником ^{32}P , который является чистым β -излучателем, плотность потока β -частиц составила 40 част./($\text{см}^2 \cdot \text{с}$). Чему будет равна эквивалентная доза в коже?
4. ...
5. ...

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Контрольная работа считается выполненной при условии решения всех 5 предложенных заданий одного из вариантов.

в) описание шкалы оценивания:

Все решенные задания в каждом варианте суммарно оцениваются 20 баллами: каждое задание, в зависимости от степени решения задачи, оценивается: 1 задача – от 2 до 4 баллов.

6.2.5. Контрольная работа №2

а) типовые задания (задачи) - образец:

Вариант № 1

1. Объемная активность ^{60}Co в водяном паре, протекающем по трубопроводу диаметром 10 см, в момент остановки реактора составляет 10^3 Бк/л. Трубопровод расположен по окружности радиусом 3 м. Чему равна мощность воздушной кермы в центре круга?
2. Рассчитать толщину железного экрана при работе с источником ^{137}Cs , если необходимо снизить интенсивность γ -излучения в $1,25 \cdot 10^4$ раз. Решить задачу с использованием слоев ослабления.
3. Определить кратность ослабления плотности потока тепловых нейтронов, нормально падающих на лист кадмия толщиной 1 мм. Микроскопическое

сечение радиационного захвата кадмия $\sigma = 2520 \text{ б.}$

4. ...

5. ...

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Контрольная работа считается выполненной при условии решения всех 5 предложенных заданий одного из вариантов.

в) описание шкалы оценивания:

Все решенные задания в каждом варианте суммарно оцениваются 20 баллами: каждое задание, в зависимости от степени решения задачи, оценивается: 1 задача – от 2 до 4 баллов.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	18	30
	Тест №1	6	10
	Контрольная работа №1	12	20
	Контрольная точка № 2	18	30
	Тест №2	6	10
	Контрольная работа 2	12	20
Промежуточный	Зачет	24	40
	Вопросы к зачету	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце

семестра за активную и регулярную работу на занятиях.

По Положению бонус (премиальные баллы) не может превышать **5 баллов**.

Штрафы: за несвоевременное выполнение контрольных работ. Максимальная оценка может быть снижена на 2 балла – за каждую контрольную работу/тест, на 1 балл – за каждое пропущенное лекционное занятие.

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Тесты по разделам проводятся на лекционных занятиях и включают вопросы по предыдущему разделу.

Контрольные работы проводятся на семинарских занятиях.

Устный опрос проводится на каждом практическом и лабораторном занятиях совместно с проверкой домашних заданий (задач), и затрагивает как тематику прошедшего занятия, так и лекционный материал. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины выставляется *зачет* по результатам контрольных работ и тестов, а также обязательным условием получения зачета является наличие выполненных домашних задач, и наличие защиты отчетов по лабораторным работам. Это позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Приведенные выше условия выставления *зачета* позволяют оценить работу обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призваны выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций для *зачета* у обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. Романцов В.П. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений: учебное пособие для студентов вузов. 2-е изд. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2012. –160 с.
2. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Радиационная защита персонала организаций атомной отрасли. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. – 400 с.
3. Романцов В.П., Романцова И.В., Ткаченко В.В. Сборник лабораторных работ по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. Издание 2-е, дополненное и переработанное. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2010. – 132 с.

4. Болоздыня А.И., Ободовский И.М. Детекторы ионизирующих частиц и излучений: учебное пособие. – Долгопрудный: Интеллект, 2012. – 208 с.
5. Апсэ В. А., Ксенофонтов А. И., Савандер В. И. и др. Физико-технические основы современной ядерной энергетики: учебное пособие. – Долгопрудный: Интеллект, 2014. – 296 с.

б) дополнительная учебная литература:

1. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Радиационная безопасность персонала атомных станций. – М., Обнинск: Атомтехэнерго, 2003. – 344 с.
2. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Обеспечение радиационной безопасности персонала при эксплуатации АЭС. – М.: Обнинск: Концерн «Росэнергоатом» – ИАТЭ, 2007. – 253 с.
3. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. и др. «Основы радиационного контроля на АЭС». Учебное пособие. Концерн «Росэнергоатом» - ИАТЭ, Москва-Обнинск, 2008. – 284 с.
4. Черняев А.П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. – М: Физматлит, 2004. – 152 с.
5. Иванов В.И. Курс дозиметрии. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.
6. Голубев Б.П. Дозиметрия и радиационная безопасность на АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 236 с.
7. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 520 с.
8. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 520 с.
9. Егоров Ю.А., Носков А.А. Радиационная безопасность на АЭС. Учебное пособие для вузов. / Под общ. ред. Н.А.Доллежала. – М.: Энергоиздат, 1986. – 152 с.
10. Нормы радиационной безопасности (НРБ - 99/2009). СанПиН 2.6.1.2523-09. – Москва, 2009.
11. Романцова И.В. Радиоактивные аэрозоли. – Обнинск: ИАТЭ, 2005. – 72 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система IQlib: <http://www.iqlib.ru/>
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»: <http://e.lanbook.com>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

По освоению лекционного материала, подготовке к лекциям

Для записи конспектов лекций у обучающегося должна быть тетрадь желательно большого формата, так как в конспектах по дисциплине обязательно присутствуют рисунки, графики и чертежи. Эти элементы должны быть

выполнены так, чтобы все детали были хорошо видны. Обычно лекция – это самое краткое изложение материала по данному вопросу. Если при записи конспекта вы что-то не успели записать – оставьте место, чтобы дописать потом. Конспект лекций необходимо проработать перед следующей лекцией, поставив вопросы там, где встречаются непонятные места. Ответы на эти вопросы следует найти в рекомендованной литературе или выяснить на консультации у преподавателя. Конспект лекций необходимо дополнять вставками, особенно по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение.

По организации самостоятельной работы

Рабочей программой дисциплины предусмотрена самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа предполагает: чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; работу с Интернет-источниками. Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины, следует сначала прочитать рекомендованную литературу и, при необходимости, составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса. Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы

Образовательные технологии, применяемые при организации внеаудиторной самостоятельной работы:

1. Самостоятельная работа с книгой и конспектом лекций.
2. Самостоятельная работа с Internet-ресурсами.
3. Самостоятельная работа по выполнению домашних работ.
4. Самостоятельная работа при подготовке к контрольным работам и сдаче отчетов по лабораторным работам.

Для достаточного освоения теоретического материала по дисциплине, студенты должны:

- ознакомиться с перечнем вопросов, относящихся к каждой теме и изучить их по конспекту лекций с учетом замечаний в собственном конспекте лекций;
- выбрать источник из списка литературы, если по данной теме недостаточно материала в конспекте лекций;
- проверить полученные теоретические знания на основе результатов выполненного домашнего задания, контрольных работ и ответов на вопросы к лабораторным работам.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая

перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Чтение лекций сопровождается слайд-презентациями, разработанными в среде Microsoft Office PowerPoint.

10.1. Перечень информационных технологий

- сбор, хранение, систематизация и выдача учебной и научной информации;
- обработка текстовой, графической и эмпирической информации;
- самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных;
- использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

10.2. Перечень программного обеспечения

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «Windows Media Player»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).

10.3. Перечень информационных справочных систем

- Консультант Плюс – Справочно-правовая система (разработчик ЗАО «Консультант Плюс») – Нормативные документы.
- National Nuclear Data Center (<http://www.nndc.bnl.gov>)

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- 11.1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с современными средствами демонстрации (мультимедийное оборудование), а также помещения для самостоятельной работы студентов.
- 11.2. Слайд-лекции по всем разделам дисциплины. Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами, указанными в разделе 7 данной рабочей программы.
- 11.3. Содержание и примеры решения семинарских задач представлены в сборнике задач [3].

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для эффективной реализации целей и задач ФГОС ВПО, воплощения компетентностного подхода в преподавании используются следующие образовательные технологии и методы обучения. Образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины в аудитории (активные и интерактивные формы): лекции, консультации, индивидуальные работы, контрольные работы, в том числе активные формы: проблемная лекция, лекция по готовому конспекту, мозговой штурм, решение типовых задач, занятия по решению проблемных и творческих задач, контрольно-корректирующие занятия. Зачет выставляется после защиты лабораторных работ, сдачи контрольных работ, тестов, проверки наличия самостоятельной работы – решение текущих домашних задач по теме семинара.

При чтении лекций используется технология проблемного обучения (последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешая которые студенты активно усваивают знания). Курс построен на принципах системного подхода к отбору программного материала и определению последовательности его изучения студентами, что предусматривает глубокое изучение предметов за счет объединения занятий в блоки, т.е. реализуется технология концентрированного обучения. Для представления теоретического материала используются активные методы обучения. Лекции проводятся в традиционной и нетрадиционной форме. Все лекции представляют собой лекции – визуализации, с использованием мультимедийного проектора. Часть лекционного материала представляется в виде лекции-беседы, что позволяет концентрировать внимание студентов на особо значимых (важных) моментах учебного материала.

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Кол- во ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1.	Ионизирующее излучение			
1.1.	Введение. Источники ионизирующего излучения	Лекция	2	Лекция-беседа, Лекция-дискуссия,
		Семинар	2	метод проектов, рефлексия
1.2.	Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	Лекция	2	Лекция-беседа, Лекция-дискуссия,
		Семинар	2	метод проектов, рефлексия
2.	Дозиметрия облучения человека			
2.1.	Базовые дозиметрические величины	Лекция	1	Лекция-беседа,
		Семинар	4	Проблемный семинар
2.2.	Биологическое действие излучений	Лекция	2	Лекция-дискуссия, Просмотр и обсуждение

				видеофильмов
		Семинар	-	-
2.3.	Основы дозиметрии внутреннего облучения	Лекция	1	Лекция с разбором конкретных ситуаций.
		Семинар	2	Проблемный семинар
3.	Защита от ионизирующих излучений			
3.1.	Геометрия источников излучения	Лекция	-	-
		Семинар	2	Проблемный семинар
3.2.	Защита от гамма- излучения	Лекция	-	-
		Семинар	2	Проблемный семинар
3.3.	Защита от нейтронов	Лекция	-	-
		Семинар	2	Проблемный семинар
4.	Дозиметрия ионизирующих излучений. Основные источники и уровни облучения населения и работников			
4.1.	Основы нормирования в области обеспечения радиационной безопасности	Лекция	1	Лекция-беседа
		Семинар	-	-
4.2.	Физические основы дозиметрии	Лекция	4	Лекция с разбором конкретных ситуаций.
		Семинар	-	-
4.3.	Аппаратура для радиационного дозиметрического контроля	Лекция	1	Лекция с разбором конкретных ситуаций.
		Семинар	-	-
4.4.	Основные источники и уровни облучения персонала и населения	Лекция	2	Лекция-беседа
		Семинар	-	-

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Темы самостоятельной работы

1. Современная система дозиметрических величин [1, 4, 5] (6 час)
2. Нормы радиационной безопасности [1, 4, 5] (12 час)
3. Методы дозиметрии ионизирующих излучений [1, 4, 5] (10 час)
4. Инженерные методы расчета защиты от гамма-излучения [1, 10] (12 час)
5. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов [1, 10] (12 час)
6. Аппаратура для радиационного дозиметрического контроля [2, 4, 5] (8 час)

12.3. Краткий терминологический словарь

Активность А - мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени. Единицей активности является беккерель (Бк). Внесистемная единица активности кюри (Ки) равна $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Аэрозоль - дисперсная система с газообразной средой и с твердой, жидкой или смешанной дисперсной фазой.

Аэрозоль радиоактивный - аэрозоль, в дисперсную фазу которого входят радионуклиды.

Аэродинамический диаметр частицы аэрозоля – это диаметр частицы с плотностью, равной 1 г/см³, имеющей ту же скорость осаждения в воздухе при нормальных условиях, что и у данной частицы.

Беккерель (Бк, беккерель) - единица активности.

Величина нормируемая - величина, являющаяся мерой ущерба (вреда) от воздействия ионизирующего излучения на человека и его потомков.

Величина операционная - величина, однозначно определяемая через физические характеристики поля излучения в точке или че-рез физико-химические характеристики аэрозоля в точке, максимально возможно приближенная в стандартных условиях облучения к величине, нормируемой в целях ограничения облучения, и предназначенная для консервативной оценки этой величины при дозиметрическом контроле.

Вещество тканеэквивалентное - вещество, имеющее массовый химический состав, эквивалентный составу мягкой биологической ткани: 76,2 % -кислород, 11,1 % - углерод, 10,1 % - водород и 2,6 % - азот.

Грей (Гр, грей) - наименование единиц ряда дозиметрических величин: единица поглощенной дозы; единица кермы.

Группа критическая - группа лиц из населения, однородная по одному или нескольким признакам - полу, возрасту, социальным или профессиональным условиям, месту проживания, рациону питания, которая подвергается наибольшему радиационному воздействию по данному пути облучения от данного источника излучения.

Доза индивидуальная эффективная (эквивалентная в органе или ткани) – эффективная доза (эквивалентная доза в органе или ткани), которая была бы получена стандартным работником, если бы он находился в тех же производственных условиях и выполнял те же работы с источником, что и данный индивид. Значение индивидуальной дозы приписывается индивиду по результатам дозиметрического контроля.

Доза эквивалентная в органе или ткани (эквивалентная доза) $H_{T,R}$ -поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения W_R . Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Доза эффективная Е - величина, используемая как мера ущерба от возникновения отдаленных последствий облучения человека, учитывающая распределение эквивалентной дозы в теле стандартного человека и радиочувствительность его органов и тканей. Она равна сумме произведений

эквивалентных доз в органах и тканях стандартного человека на соответствующие взвешивающие коэффициенты. Единица эффективной дозы - зиверт (Зв).

Доза эффективная коллективная S - мера коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения, равная сумме индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной коллективной дозы - человеко-зиверт (чел.-Зв).

Доза эквивалентная ожидаемая при внутреннем облучении $H_T(\tau)$ - доза за время τ , прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм стандартного человека. Значение τ следует принять равным 50 годам для взрослых и $(70-t_0)$ для детей (лиц моложе 20 лет). Единица ожидаемой эквивалентной дозы - зиверт (Зв).

Доза эффективная ожидаемая при внутреннем облучении $E(\tau)$ - величина, используемая как мера ущерба от возникновения отдаленных последствий внутреннего облучения человека, учитывающая распределение эквивалентной дозы в теле стандартного человека и радиочувствительность его органов и тканей. Она равна сумме произведений ожидаемых эквивалентных доз в органах и тканях стандартного человека на соответствующие взвешивающие коэффициенты. Единица ожидаемой эффективной дозы - зиверт (Зв).

Доза эффективная (эквивалентная) годовая - сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм стандартного человека радионуклидов за этот же год. Единица годовой эффективной дозы - зиверт (Зв).

Зиверт (Зв, зиверт) - наименование единиц ряда дозиметрических величин: - единица эквивалентной и эквивалентной ожидаемой дозы облучения органа или ткани; - единица эффективной и эффективной ожидаемой дозы облучения; - единица эквивалента дозы.

Излучение ионизирующее - излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. Различают два вида ионизирующего излучения — непосредственно и косвенно ионизирующие излучения:

- непосредственно (прямо) ионизирующее излучение - излучение, состоящее из заряженных частиц, способных ионизировать среду;
- косвенно ионизирующее излучение - излучение, состоящее из незаряженных частиц и фотонов, способных создавать непосредственно ионизирующее излучение и (или) вызывать ядерные превращения.

Источник ионизирующего излучения (источник) - радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение, на которое распространяется действие Норм.

Источник (устройство), генерирующий ионизирующее излучение - электрофизическое устройство (рентгеновский аппарат, ускоритель, генератор и т.д.), в котором ионизирующее излучение возникает за счет изменения скорости заряженных частиц, их аннигиляции или ядерных реакций.

Источник радионуклидный закрытый - источник излучения, устройство которого исключает поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан. Закрытые источники являются основными источниками внешнего облучения работников в производственных условиях.

Источник излучения техногенный - источник ионизирующего излучения, специально созданный для его полезного применения или являющийся побочным продуктом этой деятельности.

Источник радионуклидный открытый - источник излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду. В условиях профессионального облучения является источником загрязнения производственной среды радионуклидами и рассматривается как источник внутреннего излучения. Основным путем облучения работников такими источниками является утечка их содержимого и поступление в органы дыхания в виде аэрозолей или газов вместе с вдыхаемым воздухом.

Источник излучения природный - источник ионизирующего излучения природного происхождения.

Керм, K – отношение суммы начальных кинетических энергий dE_k всех заряженных ионизирующих частиц, образовавшихся под действием косвенно ионизирующего излучения в элементарном объеме вещества, к массе dm вещества в этом объеме. Единица кермы – грей (Гр).

Коэффициенты взвешивающие для излучения W_R – регламентированные значения отношения поглощенной дозы $D_{T,0}$ образцового излучения в органе T и поглощенной дозы $D_{T,R}$ излучения R в том же органе, при которых наблюдается одна и та же степень тяжести или вероятность возникновения вредного эффекта облучения органа стандартного человека. Взвешивающие коэффициенты при внешнем облучении относятся к излучению, падающему на поверхность тела, а в случае внутреннего облучения - к излучению, испускаемому при ядерном превращении радионуклидов в органе или ткани. В качестве образцового принимается любое излучение с малым значением ЛПЭ включая рентгеновское и гамма-излучение любой энергии.

Коэффициенты взвешивающие для органов и тканей W_T - множители эквивалентной дозы в органах и тканях стандартного человека, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей стандартного человека в возникновении стохастических эффектов облучения.

Коэффициента качества излучения $Q(L)$ - величина, которая учитывает повреждения биологической ткани, возникающие вследствие микроскопического распределения поглощенной энергии в точке взаимодействия излучения с веществом. Коэффициент качества излучения является функцией полной линейной передачи энергии излучения в воде, L .

Мощность дозы - доза излучения за единицу времени (секунду, минуту, час).

Облучение внешнее - облучение органов и тканей человека в результате воздействия излучения, падающего на тело.

Облучение внутреннее - облучение органов и тканей человека в результате поступления радионуклидов в организм человека.

Облучение планируемое повышенное - планируемое облучение персонала в дозах, превышающих установленные основные пределы доз, с целью предупреждения развития радиационной аварии или ограничения ее последствий.

Облучение профессиональное - облучение персонала в процессе его работы с техногенными источниками ионизирующего излучения.

Объект радиационный - организация, где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения

Передача энергии излучения линейная полная (ЛПЭ) L - отношение средней энергии, переданной веществу заряженной частицей вследствие столкновений на элементарном пути dl , к длине этого пути

Единица ЛПЭ - кэВ/мкм. Если не определяется иное, через ЛПЭ (L) обозначают полную передачу энергии заряженной частицей воде.

Плотность потока частиц - флюенс за единицу времени. Единица плотности потока частиц - част./($\text{см}^2 \cdot \text{с}$).

Риск радиационный - вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

Спектрометр (счетчик) излучения человека (СИЧ) - спектрометрическая или радиометрическая установка, предназначенная - для идентификации γ -излучающих радионуклидов, находящихся в отдельном органе или во всем теле человека; - для определения активности радионуклидов, находящихся в теле человека.

Фантом шаровой МКРЕ – шар диаметром 30 см из тканеэквивалентного материала плотностью 1 г/см³.

Флюенс частиц - отношение числа частиц, проникающих в элементарную сферу, к площади центрального сечения этой сферы. Единица флюенса - част./см².

Человек стандартный – гипотетический индивид, характеристики которого используются для оценки дозы излучения и определены МКРЗ. Стандартный человек является кавказоидом по антропологической классификации и жителем Западной Европы или Северной Америки по образу жизни и уровню потребления.

Эквивалент дозы Н – произведение поглощенной дозы в точке на средний коэффициент качества излучения, воздействующего на биологическую ткань в данной точке.

Эквивалент дозы амбиентный (амбиентная доза) $H^*(d)$ – эквивалент дозы, который был бы создан в шаровом фантоме МКРЕ на глубине d (мм) от поверхности по диаметру, параллельному направлению излучения, в поле излучения, идентичном рассматриваемому по составу, флюенсу и энергетическому распределению, но мононаправленному и однородному. Эквивалент амбиентной дозы используется для характеристики поля излучения в точке, совпадающей с центром шарового фантома.

Эквивалент дозы индивидуальный $H_p(d)$ – эквивалент дозы в мягкой биологической ткани, определяемый на глубине d (мм) под рассматриваемой точкой на теле.

Эффекты излучения детерминированные - клинически выявляемые вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше - тяжесть эффекта зависит от дозы.

Эффекты излучения стохастические - вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

Программу составил:

В.А. Рощенко доцент отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ, кандидат физ.-мат.наук

Рецензент:

И.В. Романцова, старший преподаватель отделения ЯФиТ(О)