

**Учреждение образования
«Международный государственный экологический университет
имени А.Д.Сахарова»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-воспитательной
и идеологической работе
МГЭУ им. А.Д.Сахарова

В.И.Красовский

2015



Регистрационный № УД-5185/15г.

Защита от ионизирующего излучения

**УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность»

2015

ЧМО: Красовский

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта для специальности 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность (ОСВО 1-100 01 01-2009) и учебного плана кафедры ядерной и радиационной безопасности на 2014-2015 учебный год специальности 46-14/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.И.Тимощенко, доцент кафедры ядерной и радиационной безопасности, к.ф.-м.н., доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И.Я.Дубовская, Кафедра ядерной физики Белорусского государственного университета.

В.А.Иванюкович, заведующий кафедрой экологических информационных систем Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ядерной и радиационной безопасности Международного государственного экологического университета им. А.Д.Сахарова

(протокол № _____ от _____ 2015).

Научно-методическим советом факультета мониторинга окружающей среды Международного государственного экологического университета им. А.Д.Сахарова

(протокол № __ от _____ 2015).

І. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Защита от ионизирующего излучения» является одной из дисциплин типового учебного плана специальности 1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность», завершающих 1 ступень подготовки по данному направлению. Основными дисциплинами цикла общепрофессиональных и специальных дисциплин, необходимыми для освоения дисциплины «Защита от ионизирующего излучения» являются: «Физика», «Физика ядра и ионизирующего излучения», «Ядерные реакторы и атомные станции», «Дозиметрия» «Радиационная безопасность». В ней используются сведения из таких дисциплин, как «Материаловедение и технологии конструкционных материалов» (в части, касающейся радиационных свойств материалов), «Основы радиоэкологии» (в части, касающейся естественного и техногенно измененного радиационного фона и распределения радионуклидных источников ионизирующего излучения в окружающей среде). Расчетные методы, применяемые в дисциплине, основаны на знаниях и навыках, полученных студентами при изучении таких дисциплин, как «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и высшая алгебра», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Методы математической физики», «Теоретическая механика».

Концептуальную основу дисциплины «Защита от ионизирующих излучений» составляют:

- механизмы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, изучаемые;
- основные и рабочие дозовые характеристики взаимодействия ионизирующего излучения с веществом;
- основные понятия и величины, применяемые в радиационной безопасности, и соответствующие нормативы.

Поэтому дисциплина «Защита от ионизирующего излучения» имеет тесные межпредметные связи и носит прикладной характер. В ней устанавливается связь между характеристиками источника или поля излучения и показаниями детектора или дозовой характеристикой излучения в условиях применения экранирующих излучение материалов, рассматриваются основные инженерные конструкции, применяемые в защите персонала, населения и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения.

Целью изучения данной дисциплины является освоение студентами знаний и получение навыков по расчету параметров защиты от ионизирующего излучения.

Важнейшие задачи дисциплины состоят в следующем:

- формирование системных знаний студентов в области защиты от ионизирующего излучения;
- привитие и закрепление базовых навыков решения расчетных задач защиты.

Перед преподавателем ставятся следующие задачи:

- изложить важнейшие методы расчета защиты от ионизирующего излучения;
- ознакомить обучаемых с основными инженерными методами, позволяющими предотвратить или снизить вредное воздействие ионизирующего излучения на человека.
- способствовать развитию научного мировоззрения, культуры безопасности.

Из множества эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению студентов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить:

- технологии проблемно-модульного обучения;
- технологии научно-исследовательской деятельности;
- проектные технологии;
- проблемно-ориентированный междисциплинарный подход;
- интенсивное обучение;
- моделирование проблемных ситуаций и их решение.

Для формирования современных социально-профессиональных компетенций выпускника вуза в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики активного обучения и дискуссионные формы.

В результате усвоения дисциплины обучающийся должен в соответствии с требованиями образовательного стандарта направления специальности 1-31 04 01-05 «Физика (ядерная физика и технологии)»

знать:

- основные математические модели, применяемые при расчете защиты от ионизирующего излучения;
- смысл функции отклика среды на действие ионизирующего излучения;
- концепцию точечного ядра дозы или эквивалента дозы;
- область применимости детерминированных и стохастических моделей расчета переноса излучения методами Монте-Карло;
- основные инженерные методы оценки параметров защиты от ионизирующего излучения;
- специфику и назначение инженерных устройств и средств защиты от ионизирующего излучения;

уметь:

- рассчитывать дозиметрические величины и параметры защиты от ионизирующего излучения для основных моделей источников с учетом вторичного излучения, возникающего в веществе;
- применять теорию переноса излучения для расчета защиты от ионизирующего излучения;

владеть:

- инженерными методами расчета параметров защиты;

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине включает в себя повторение теоретического материала, закрепление его при выполнении расчетных заданий, подготовку отчетов по лабораторным работам и подготовку к их защите, подготовку курсового проекта, подготовку к экзамену по дисциплине.

Учебная программа по дисциплине «Защита от ионизирующего излучения» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой степени по специальности 1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность». Программа рассчитана на 242 часа, из которых 108 часов отводится на аудиторные занятия. На лекции отводится 54 часа, на лабораторные занятия – 24 часа, на практические занятия – 30 часов. Выполнение курсового проекта обучающимся должно занимать не менее 40 часов.

Промежуточный контроль знаний рекомендуется осуществлять путем защиты отчетов по лабораторным работам, проведения контрольных работ по практическим занятиям и проверки домашних заданий, защиты курсового проекта. Итоговой формой отчетности по дисциплине является экзамен.

Контроль знаний предполагает проведение двух контрольных работ и защиту курсового проекта.

Форма текущей аттестации по дисциплине – экзамен в 9 семестре.

Форма получения высшего образования – очная.

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Характеристики источника и радиационного воздействия

Характеристика источника. Характеристики радиационного воздействия. Основные и рабочие дозиметрические величины. Дозовые коэффициенты. Коэффициент взаимодействия. Коэффициент передачи энергии. Функция радиационного отклика. Концепция точечного ядра дозы, понятие эквивалента дозы. Локальные функции отклика для точечных мишеней. Расчет дозы нерассеянного излучения в зависимости от геометрии источника. Геометрические факторы. Функции отклика для тела человека как объекта облучения. Учет неоднородностей. Предельные переходы между различными видами распределения источников.

Тема 2. Защита от фотонного излучения

Доза от нерассеянного фотонного излучения: экспоненциальное ослабление, средняя длина свободного пробега. Учет рассеянного излучения: фактор накопления. Приближенные методы расчета защиты для бесконечной однородной среды: приближение Бергера, приближение Тейлора, приближение геометрической прогрессии. Граничные эффекты в ограниченных средах. Роль неоднородности защиты. Многослойные экраны. Распространение фотонов в каналах. Концепция фотонного альбеда. Эффект «скайшайн». Инженерные методы оценки толщины защиты от фотонного излучения.

Тема 3. Защита от нейтронного излучения

Границы применимости понятия фактора накопления к нейтронам. Особенности понятия дозы от нейтронов. Источники нейтронов. Сечение выведения для быстрых нейтронов. Учет ослабления потока быстрых нейтронов в веществе, метод длин релаксации. Расчет флюэнса промежуточных и тепловых нейтронов. Возраст промежуточных и тепловых нейтронов. Альбеда нейтронов. Распространение нейтронов в каналах. Нейтронное «скайшайн». Материалы защиты от нейтронов. Особенности применения водородосодержащих сред и бетона для защиты от нейтронов. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов.

Тема 4. Защита от заряженных частиц

Особенности взаимодействия быстрых электронов с веществом. Приближение непрерывного замедления. Характеристики пробега электронов в среде. Энергетический спектр электронов в среде. Точечные ядра поглощенной дозы для заряженных частиц: случаи моноэнергетических и полиэнергетических источников. Материалы и оценка толщины защиты от

пучков электронов. Особенности выбора материала и расчета толщины защиты от бета-излучения радионуклидных источников. Защита от протонов и ионов различных энергий.

Тема 5. Защита от смешанного излучения

Возникновение смешанного излучения. Электронно-фотонные ливни. Выбор материалов и расчет защиты для смешанного электронно-фотонного излучения. Случай позитронного излучения. Нейтронно-фотонное, нейтронно-фотонно-электронное излучение. Особенности выбора материалов и расчета защиты с учетом реакций неупругого взаимодействия нейтронов с веществом.

Тема 6. Уравнения переноса излучения и расчет защиты

Общее уравнение переноса излучения. Интегральная форма уравнения переноса. Уравнение переноса для фотонов. Уравнение переноса для нейтронов. Граничные условия. Понятие о скейлинге для поля излучения. Переход от объемных источников к эквивалентным поверхностным источникам. Приближенные представления уравнения переноса (экспоненциальное ослабление, диффузионное приближение, многогрупповое приближение, метод моментов, метод дискретных ординат, интегральные представления). Методы Монте-Карло. Аналоговые и неаналоговые методы. Применение методов Монте-Карло к приближенному решению уравнений переноса фотонов, нейтронов и электронов в веществе биологической защиты.

Тема 7. Особенности расчета защиты для ядерных реакторов и других источников ионизирующего излучения

Биологическая защита ядерных реакторов. Применение методов Монте-Карло к приближенному решению уравнений переноса фотонов, нейтронов и электронов в веществе биологической защиты ядерного реактора. Нейтронные источники. Инженерные средства защиты от ионизирующего излучения для источников нейтронов. Другие применения источников ионизирующего излучения.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номера тем, наименования тем и (или) содержания, количество аудиторных часов (лекции, практические (семинарские) занятия, лабораторные занятия и управляемая самостоятельная работа), номера методических средств, учебно-методические материалы и номера форм контроля знаний:

№ п/п	Название темы	Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Кол-во часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
1	2	3	4	5	6			
1	Характеристики источника и радиационного воздействия							
1.1	Характеристика источника. Характеристики радиационного воздействия. Основные и рабочие дозиметрические величины. Дозовые коэффициенты. Коэффициент взаимодействия. Коэффициент передачи энергии. Функция радиационного отклика. Концепция точечного ядра дозы или эквивалента дозы. Локальные функции отклика для точечных мишеней. Расчет дозы нерассеянного излучения в зависимости от геометрии источника. Геометрические факторы. Функции отклика для тела человека как объекта облучения. Учет неоднородностей. Предельные переходы между различными видами распределения источников.	10	2	-		-	[1] [2] [4]	1-3
2	Защита от фотонного излучения							
2.1.	Доза от нерассеянного фотонного излучения: экспоненциальное ослабление, средняя длина свободного пробега. Учет рассеянного излучения: фактор накопления. Приближенные методы расчета защиты для бесконечной однородной среды: приближение Бергера, приближение Тейлора, приближение геометрической прогрессии. Граничные эффекты в ограниченных средах. Роль неоднородности защиты. Многослойные экраны. Распространение фотонов в каналах. Концепция фотонного альбеда. Эффект «скайшайн». Инженерные методы оценки толщины защиты от фотонного излучения.	12	10	-	12	-	[3] [4]	1-4
3	Защита от нейтронного излучения							
3.1	Границы применимости понятия фактора накопления к нейтронам. Особенности понятия дозы от нейтронов. Источники нейтронов. Сечение выведения для быстрых нейтронов. Учет ослабления потока быстрых нейтронов в веществе, метод длин релаксации. Расчет флюэнса промежуточных и тепловых нейтронов. Возраст промежуточных и тепловых нейтронов. Альбеда нейтронов. Распространение нейтронов в каналах. Нейтронное «скайшайн». Материалы защиты от нейтронов. Особенности применения водородосодержащих сред и бетона для защиты от нейтронов. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов.	10	4	-	-	-	[3] [7] [1д] [2д]	1-3

4.	Защита от заряженных частиц							
4.1	Особенности взаимодействия быстрых электронов с веществом. Приближение непрерывного замедления. Характеристики пробега электронов в среде. Энергетический спектр электронов в среде. Точечные ядра поглощенной дозы для заряженных частиц: случаи моноэнергетических и полиэнергетических источников. Материалы и оценка толщины защиты от пучков электронов. Особенности выбора материала и расчета толщины защиты от бета-излучения радионуклидных источников. Защита от протонов и ионов различных энергий	4	-	-	12	-	[5] [7] [1д] [2д]	1-4
5.	Защита от смешанного излучения							
5.1	Возникновение смешанного излучения. Электронно-фотонные ливни. Выбор материалов и расчет защиты для смешанного электронно-фотонного излучения. Случай позитронного излучения. Нейтронно-фотонное, нейтронно-фотонно-электронное излучение. Особенности выбора материалов и расчета защиты с учетом реакций неупругого взаимодействия нейтронов с веществом.	2					[5] [8] [1д] [2д]	1-3
6.	Уравнения переноса излучения и расчет защиты							
6.1.	Общее уравнение переноса излучения. Интегральная форма уравнения переноса. Уравнение переноса для фотонов. Уравнение переноса для нейтронов. Граничные условия. Понятие о скейлинге для поля излучения. Переход от объемных источников к эквивалентным поверхностным источникам. Приближенные представления уравнения переноса (экспоненциальное ослабление, диффузионное приближение, многогрупповое приближение, метод моментов, метод дискретных ординат, интегральные представления). Методы Монте-Карло. Аналоговые и неаналоговые методы. Применение методов Монте-Карло к приближенному решению уравнений переноса фотонов, нейтронов и электронов в веществе биологической защиты.	12	8				[2д] [3д] [3]	1-3
7.	Особенности расчета защиты для ядерных реакторов и других источников ионизирующего излучения							
7.1.	Биологическая защита ядерных реакторов. Применение методов Монте-Карло к приближенному решению уравнений переноса фотонов, нейтронов и электронов в веществе биологической защиты ядерного реактора. Нейтронные источники. Инженерные средства защиты от ионизирующего излучения для источников нейтронов. Другие применения источников ионизирующего излучения.	4	6				[2д] [5д] [3]	1-3,5
	Всего	54	30		24			экзамен

4. Информационно-методическая часть

Основная литература

1. J.K. Shultis, R.E.Faw. Radiation shielding. Prentice Hall, PTR, 1996.
2. Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. Т.1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов / Н.Г. Гусев, В.А. Климанов, В.П. Машкович, А.П. Суворов; Под ред. Н.Г. Гусева.—3-е изд., пераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. Т.2. Защита от излучений ядерно-технических установок: Учебник для вузов / Н.Г. Гусев, В.П. Машкович, А.П. Суворов; Е.Е. Ковалёв. Под ред. Н.Г. Гусева.—2-е изд., пераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Иванов И.В., Константинов Е.И., Машкович В.П. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1964.
5. Переверзенцев В.В. Основы инженерных методов расчета защиты от ионизирующих излучений ядерных энергетических установок. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1994.
6. Quantities and units in radiation protection dosimetry: ICRU Report. Bethesda, Maryland, 1993.
7. Санитарные правила и нормы 2.6.1.8-8-2002. «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)» / Утв. пост. гл. сан. врача РБ 22.02.2002.
8. Рекомендации МКРЗ 2007 года по радиационной защите. Публикация МКРЗ 103. М.: Труды МКРЗ, 2009.

Дополнительная литература

1. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. М., Энергоатомиздат, 1986.
2. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. / Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1995.
3. ANSI/ANS-6.4.3-1991. American National Standard Gamma Ray Attenuation Coefficients and Buildup Factors for Engineering Materials, American Nuclear Society, L Grange Park, IL, 1991 [может быть заказан как Data Library Collection DLC-139/ANS-643 в Radiation Shielding Information Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN]
4. Takeuchi K., Tanaka S., Kinno M. Transport calculations of gamma rays including Beremsstrahlung by the discrete ordinate code PALLAS. Nucl. Sci. Eng., V.78., Pp. 272 – 283 (1981).
5. Физические величины. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991.
6. Шаров Ю. Н., Шубин Н. В. Дозиметрия и радиационная безопасность. М.: Энергоатомиздат, 1991.
7. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П. Радиационная защита персонала организаций атомной отрасли. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011.
8. MCNPX network. Интернет-ресурс <http://mcnpx.net/>.

Лабораторные занятия

№ п/п	Содержание	Объем, час
1.	Ослабление фотонного излучения в веществе и оценка параметров защиты. Выбор материалов защиты от фотонного излучения.	12
2.	Выбор материала и определение толщины защиты от источников бета-излучения.	12

Перечень тем для практических занятий**Тема 1. Характеристики источника и радиационного воздействия**

Характеристика источника. Характеристики радиационного воздействия. Основные и рабочие дозиметрические величины. Концепция точечного ядра дозы, понятие эквивалента дозы. Расчет дозы нерассеянного излучения в зависимости от геометрии источника. Геометрические факторы. Функции отклика для тела человека как объекта облучения. Учет неоднородностей. Предельные переходы между различными видами распределения источников.

Тема 2. Защита от фотонного излучения

Экспоненциальное ослабление, средняя длина свободного пробега. Фактор накопления. Приближенные методы расчета защиты для бесконечной однородной среды: приближение Бергера, приближение Тейлора, приближение геометрической прогрессии. Граничные эффекты в ограниченных средах. Роль неоднородности защиты. Инженерные методы оценки толщины защиты от фотонного излучения.

Тема 3. Защита от нейтронного излучения

Границы применимости понятия фактора накопления к нейтронам. Особенности понятия дозы от нейтронов. Источники нейтронов. Сечение выведения для быстрых нейтронов. Учет ослабления потока быстрых нейтронов в веществе, метод длин релаксации. Расчет флюэнса промежуточных и тепловых нейтронов. Возраст промежуточных и тепловых нейтронов. Альбеда нейтронов. Распространение нейтронов в каналах. Инженерные методы расчета защиты от нейтронов.

Тема 4. Защита от заряженных частиц

Материалы и оценка толщины защиты от пучков электронов. Особенности выбора материала и расчета толщины защиты от бета-излучения радионуклидных источников. Защита от протонов и ионов различных энергий.

Тема 6. Уравнения переноса излучения и расчет защиты

Приближенные представления уравнения переноса (экспоненциальное ослабление, диффузионное приближение, многогрупповое приближение, метод моментов, метод дискретных ординат, интегральные представления).

Тема 7. Особенности расчета защиты для ядерных реакторов и других источников ионизирующего излучения

Расчет на ЭВМ толщины многослойной защиты от точечного и цилиндрического источников нейтронного излучения в ядерном реакторе. Расчет защиты от смешанного излучения в ядерном реакторе. Расчет защиты для нейтронного источника (радионуклидные источники, нейтронный генератор).

Перечень тем курсовых проектов

1. Расчет защитных параметров контайнмента для ядерного реактора типа ВВЭР по гамма- и нейтронному излучению.
2. Расчет защитных параметров бассейна выдержки для отработавшего ядерного топлива.
3. Расчет защитных параметров контейнера для перевозки пучка ТВЭЛ с отработавшим топливом ВВЭР по гамма-излучению.
4. Расчет защитных параметров контейнера заданной формы для радионуклидного источника гамма-излучения, заключенного в цангу.
5. Расчет защитных параметров помещения для промышленной рентгеновской установки, применяемой для контроля качества изделий.
6. Расчет защитных параметров помещения для медицинской рентгеновской установки.
7. Расчет защитных параметров помещения для медицинского ускорителя электронов.
8. Расчет защитных параметров бассейна для промышленного облучателя 3 или 4 категории.

Наименования и виды методических средств:

№ п / п	Наименование	Вид
1.	Методические указания к лабораторным работам	Электронные и рукописные виды
2.	Презентации лекций	Электронный файл

Формы контроля знаний:

№ п / п	Форма
1.	Выборочный контроль на лекциях
2.	Проверка конспектов лекций студентов
3.	Проведение контрольных работ в группе
4.	Сдача коллоквиума после проведения лабораторных занятий
5.	Аттестация по курсовому проекту

5. Протокол согласования учебной программы с другими дисциплинами специальности

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

Учебную программу разработал:
доцент кафедры ядерной и радиационной безопасности

_____ А.И.Тимощенко

6. Дополнения и изменения к учебной программе на ____ / ____ учебный год

№ п / п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры физики и высшей математики (протокол № __ от _____ 20__).

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент _____ Н.Н.Тушин

УТВЕРЖДЕНО

Декан факультета мониторинга окружающей среды

к.б.н., доцент _____ В.В.Журавков