

Белорусский национальный технический университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,
довузовской подготовке,
социальным вопросам и спорту
Белорусского национального
технического университета

_____ О.К. Гусев

_____ /уч.
Регистрационный № УД-_____

ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальности

1-43 01 08 Паротурбинные установки атомных электрических станций

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-43 01 08-2013

СОСТАВИТЕЛЬ:

С.М. Качан, доцент кафедры «Техническая физика» Белорусского национального технического университета, кандидат физико-математических наук

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И. Тимошенко, заведующий кафедрой ядерной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

Н.Н. Тушин, заведующий кафедрой ядерной и радиационной безопасности Международного государственного экологического института имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Техническая физика» Белорусского национального технического университета
(протокол № 8 от 24 мая 2016 г.);

Заведующий кафедрой _____ И.А.Хорунжий

Методической комиссией энергетического факультета Белорусского национального технического университета (протокол № 9 от 26 мая 2016 г.)

Председатель методической
комиссии _____ Е.Г. Пономаренко

Научно-методическим советом Белорусского национального технического университета (протокол №____ секции №1 от _____ 2016 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Защита от ионизирующих излучений» разработана для специальности 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций». Курс «Защита от ионизирующих излучений» является дисциплиной государственного компонента в цикле общепрофессиональных дисциплин для студентов указанной специальности.

Целью изучения учебной дисциплины является обучение студентов физическим основам радиационной защиты, а также инженерно-физическим и организационным методам обеспечения безопасности при обращениях с источниками ионизирующих излучений на атомных электростанциях.

Основными задачами преподавания учебной дисциплины являются: изучение видов ионизирующих излучений (ИИ) и классификации источников ИИ; изучение взаимодействия излучения различных типов (тяжелые и легкие заряженные частицы, фотоны, нейтроны) с веществом, а также их биологического действия; изучение характеристик поля излучения точечных источников, в том числе радионуклидных; изучение поля от протяженных изотропных источников гамма-излучения; установление связи между радиометрическими и дозиметрическими характеристиками поля; изучение принципов учета рассеянного излучения в защите с помощью факторов накопления, а также типов геометрии защит; освоение инженерных методов расчета защиты от внешнего гамма-излучения в приближении узких и широких пучков; освоение методов расчета защиты от нейтронов, а также от заряженных частиц; знакомство с источниками излучения, методами и материалами защиты от ионизирующего излучения на АЭС; изучение норм и правил организации хранения и работы с техногенными источниками ионизирующего излучения.

Программа дисциплины отражает современные научные представления о физическом и биологическом действиях ионизирующего излучения и базируется на современных знаниях о средствах и методах защиты от их воздействия на человека с учетом последующего применения полученных знаний в сфере профессиональных обязанностей инженера-энергетика, специалиста по паротурбинным установкам АЭС. Таким образом, актуальность дисциплины определяется ее важной ролью в задаче подготовки специалистов, работающих в условиях непосредственной близости к источникам ионизирующего излучения, и формирования у них высокого уровня культуры радиационной безопасности.

Дисциплина «Защита от ионизирующих излучений» базируется на знаниях, полученных студентами в результате изучения естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин: «Математика», «Физика», «Ядерная и нейтронная физика реакторов АЭС», «Дозиметрия», предусмотренных Образовательным стандартом специальности. Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин, связанных со структурой и организацией безопасного функционирования атомных электростанций, таких

как «Атомные электрические станции» и «Принципы обеспечения безопасности АЭС».

В результате изучения учебной дисциплины «Защита от ионизирующих излучений» студент должен:

знать:

- виды ионизирующих излучений, источники ионизирующих излучений на атомных электрических станциях;
- особенности взаимодействия с веществом ионизирующего излучения разных видов;
- нормы радиационной безопасности;
- организационные и технические методы обеспечения радиационной защиты на атомных электрических станциях;
- методы расчета дозовых полей и защиты для источников ионизирующего излучения простых геометрических форм, включая случаи немонотонного первичного излучения и заметного накопления вторичного излучения в защите.

уметь:

- оценивать биологическую опасность ионизирующих излучений различных видов и энергий;
- выбрать наиболее эффективный материал защиты от ионизирующего излучения на основе стоимостного анализа защиты и физико-технических характеристик источника;
- организовать собственную защиту и защиту населения в случае радиационной аварии на атомной электрической станции;

владеть:

- навыками использования баз данных по характеристикам радионуклидов;
- методами безопасного проведения работ с закрытыми радионуклидными источниками;
- методами оценки мощности источника и расчёта толщины барьерной защиты от точечного изотропного источника любого вида ионизирующего излучения;
- инженерными методами приближенного расчёта биологической защиты реактора и оборудования первого контура.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

АК-4. Уметь работать самостоятельно;

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации;

СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения;

СЛК-6. Уметь работать в команде;

ПК-16. Контролировать соблюдение персоналом правил технической эксплуатации, норм охраны труда, техники электро-, пожаро-, взрывобезопасности при обслуживании паротурбинных энергоустановок атомных электрических станций;

ПК-21. Владеть навыками проведения самостоятельных исследований, способностью творческого осмысления получаемых результатов;

ПК-23. Осуществлять научно-обоснованный выбор способов обеспечения ядерной и радиационной безопасности, защиты персонала и окружающей среды, анализировать причины и аварийные ситуации, приводящие к ядерным и радиационным авариям.

ПК-25. Намечать основные этапы научных исследований;

ПК-37. Работать с научной, технической и патентной литературой;

Согласно учебному плану для очной формы получения высшего образования на изучение учебной дисциплины отведено всего 141 ч., из них аудиторных - 70 часов.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено в таблице 1.

Таблица 1.

Очная форма получения высшего образования					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лаборатор- ные занятия, ч.	Практичес- кие занятия, ч.	Форма текущей аттестации
3	6	28	28	14	курсовая работа, экзамен

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел I. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВЕЩЕСТВО

Тема 1.1 Ионизирующее излучение и классификация его источников.

Ионизирующее излучение. Классификация ионизирующего излучения по характеру ионизации (прямое и косвенное), по составу, порядку возникновения, типу частиц, энергии частиц. Статистические закономерности ядерных излучений.

Источник ионизирующего излучения. Применение источников в промышленности и медицине. Классификация источников ионизирующего излучения по видам излучения, назначению, физическим основам генерации, транспортируемости, степени радиационной опасности. Технические характеристики источников ионизирующего излучения: геометрия (точечные, линейные, поверхностные, объемные источники), активность, энергетический состав, угловое распределение излучения.

Тема 1.2. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом

Особенности взаимодействия тяжелых заряженных частиц с веществом. Ионизационное торможение тяжелых заряженных частиц. Удельные ионизационные потери. Формула Бете-Блоха. Правило Брэгга. Основные закономерности при ионизационном торможении тяжелых заряженных частиц. Дельта-электроны. Удельная ионизация. Кривая Брэгга. Упругое рассеяние тяжелых заряженных частиц. Формула Резерфорда. Пробег тяжелых заряженных частиц в веществе (максимальный, средний, экстраполированный). Страгглинг. Эмпирические формулы для определения пробега тяжелых заряженных частиц.

Тема 1.3. Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом

Особенности взаимодействия легких заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери энергии. Формула Бете-Блоха с поправкой на обменное взаимодействие. Основные закономерности при ионизационном торможении легких заряженных частиц.

Радиационные потери энергии. Тормозное излучение. Критическая энергия. Радиационная длина. Основные закономерности тормозного излучения. Эффект Вавилова-Черенкова и его основные закономерности. Переходное излучение и его основные закономерности. Пробег легких заряженных частиц в веществе. Эмпирические формулы для определения пробега электронов.

Тема 1.4. Взаимодействие гамма-квантов с веществом

Особенности взаимодействия гамма-излучения с веществом. Фотоэффект, комптоновское рассеяние, образование электрон-позитронных пар и их основные закономерности. Некогерентное (томсоновское) рассеяние. Когерентное (рэлеевское) рассеяние. Передача энергии фотонного излучения

веществу. Микроскопическое и макроскопическое сечения взаимодействия. Закон ослабления узкого пучка фотонов в веществе. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Слой половинного ослабления. Средняя длина свободного пробега.

Тема 1.5. Биологическое действие ионизирующего излучения

Прямое и косвенное действие ионизирующего излучения на важнейшие биологические молекулы. Стадии развития радиационного эффекта в биообъектах. Реакция клеток на облучение. Принцип Бергонье и Трибондо. Радиочувствительность и ее модификация: сенситизаторы и радиопротекторы. Действие ионизирующего излучения на организм человека. Детерминированные и стохастические эффекты облучения. Зависимость доза-эффект. Линейная беспороговая концепция. Радиационный гормезис.

Тема 1.6. Источники ионизирующего излучения на АЭС.

Источники ионизирующего излучения на АЭС. Состав ионизирующего излучения на АЭС: первичное и вторичное фотонное и нейтронное излучения. Реактор как источник ионизирующего излучения. Излучение работающего и остановленного реактора. Основной технологический контур как источник гама-излучения. Собственная, осколочная и наведенная активности теплоносителя. Источники излучения в воздухе рабочих помещений.

Раздел II. РАДИАЦИОННЫЕ ПОЛЯ И ЗАЩИТА ОТ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тема 2.1. Расчет полей излучения точечного источника без учета рассеяния

Расчет плотности потока и флюенса в вакууме, однородной и неоднородной ослабляющих средах. Связь между дозиметрическими и радиометрическими величинами для различных видов излучения. Концепция функции радиационного отклика. Линейные коэффициенты передачи и поглощения энергии фотонного излучения. Функция радиационного отклика для фотонного излучения. Расчет мощности доз и самих доз (поглощенная доза, экспозиционная доза, керма) от источника гамма-излучения.

Тема 2.2. Расчет полей излучения протяженных источников гамма-излучения без учета рассеяния

Принципиальный подход к расчету дозовых полей от протяженных изотропных источников гамма-излучения. Вывод формул для расчета полей источников различных форм: линейный источник, диск, тонкая излучающая пленка, объемный слой. Расчет для источников в непоглощающей и поглощающей средах. Учет самопоглощения в источнике.

Тема 2.3. Расчет полей излучения точечного радионуклидного источника гамма-излучения

Схемы распада. Квантовый выход и мощность точечного радионуклидного источника. Гамма-постоянные по мощности поглощенной и

экспозиционной доз, керма-постоянная и связь между ними. Полные и дифференцированные гамма-постоянные. Гамма-постоянные для радионуклидной цепочки. Гамма-эквивалент и керма-эквивалент точечного изотропного источника, связь между ними. Расчет дозовых полей точечного радионуклидного источника.

Тема 2.4. Расчет полей излучения точечного источника гамма-излучения с учетом рассеяния

Узкий и широкий пучки излучения. Составляющие полной дозы. Геометрии защит. Фактор накопления и его виды: численный, энергетический, дозовый. Свойства дозового фактора накопления. Расчет дозовых полей с учетом рассеяния в окружающей среде. Расчет дозовых факторов накопления для изотропного источника и бесконечной геометрии однородной защиты: формулы Бергера и Тейлора. Поправка на барьерность. Расчет дозовых факторов накопления для гетерогенной защиты. Формула Бродера.

Тема 2.5. Инженерные методы расчета защиты от гамма-излучения с учетом рассеяния излучения

Расчет необходимой кратности ослабления излучения в заданной точке. Ограничение дозы выбором оптимальных условий проведения работы: защита временем, расстоянием и количеством.

Расчет толщины защитных экранов при защите от гамма-излучения. Кратность ослабления излучения в узком и широком пучках. Расчет защиты с использованием универсальных таблиц Гусева. Расчет защиты с помощью номограмм. Расчет защиты по слоям ослабления. Расчет защиты от монохроматического гамма-излучения методом конкурирующих линий.

Тема 2.6. Материалы защиты и приближенный расчет толщины защиты от нейтронного излучения.

Материалы защиты от нейтронов. Влияние видов взаимодействия нейтронного излучения с веществом (упругое и неупругое рассеяние, радиационный захват, деление ядер и др.) на пространственно-энергетическое распределение нейтронов в материале защиты. Вторичное гамма-излучение.

Приближенные методы расчета защиты от нейтронов. Метод длин релаксации. Метод сечений выведения. Сечения выведения для однородных и гетерогенных сред.

Тема 2.7. Методы защиты от ионизирующего излучения на АЭС

Нормы и правила организации хранения и работы с техногенными источниками ионизирующего излучения. Обеспечение радиационной защиты и безопасности на АЭС. Организационные методы радиационной защиты. Зонирование помещений АЭС, сапропускники и саншлюзы. Зонирование территории: санитарно-защитная зона и зона наблюдения. Радиационно-гигиенические средства защиты. Технические средства радиационной защиты. Биологическая защита ядерного реактора.

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Курсовая работа нацелена на закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами в процессе обучения, а также на применение полученных знаний для решения конкретных инженерно-технических задач.

В результате выполнения курсовой работы студент должен:

- развить навыки работы со специальной и нормативной литературой;
- освоить инженерные методы расчета толщины защиты, в том числе гетерогенной, от гамма-излучения протяженных немонотонных источников, а также от источников нейтронного излучения;
- научиться использовать математические модели и программные пакеты для численных расчетов толщины защиты от ионизирующих излучений;
- научиться ясно и технически грамотно излагать результаты исследований и расчетов.

Примерный объем задания, в соответствии с учебным планом специальности, должен быть рассчитан на 40 часов самостоятельной работы. Защита проектов проводится в форме студенческого семинара в присутствии не менее двух преподавателей. Оценка выставляется с учетом общего содержания, оформления, а также доклада и ответов на вопросы.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
очная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Ионизирующее излучение и его воздействие на вещество							
1.1	Ионизирующее излучение и классификация его источников	2	2		8			Тестирование и защита отчетов по лабораторным работам
1.2	Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом	2	1		4			Тестирование и защита отчетов по лабораторным работам
1.3	Взаимодействие легких заряженных частиц с веществом	2	1		8			Тестирование и защита отчетов по лабораторным работам
1.4	Взаимодействие гамма-квантов с веществом	2			8			Тестирование и защита отчетов по лабораторным работам

1.5	Биологическое действие ионизирующего излучения	2						
1.6	Источники ионизирующего излучения на АЭС	2						
2.	Радиационные поля и защита от источников ионизирующего излучения							
2.1	Расчет полей излучения точечного источника без учета рассеяния	2	1					Контрольная работа
2.2	Расчет полей излучения протяженных источников гамма-излучения без учета рассеяния	2	1					Контрольная работа
2.3	Расчет полей излучения точечного радионуклидного источника гамма-излучения	2	2					Контрольная работа
2.4	Расчет полей излучения точечного источника гамма-излучения с учетом рассеяния	2	2					Контрольная работа
2.5	Инженерные методы расчета защиты от гамма-излучения с учетом рассеяния излучения	2	2					Контрольная работа
2.6	Материалы защиты и приближенный расчет толщины защиты от нейтронного излучения	2	2					Контрольная работа
2.7	Методы защиты от ионизирующего излучения на АЭС	4						
	Курсовая работа						40	Защита курсовой работы
	Итого за семестр	28	14		28		40	Экзамен
	Всего аудиторных часов	70						

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Беспалов, В.И. Лекции по радиационной защите: учебное пособие / В.И. Беспалов. – 3-е изд., испр. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 348 с.
2. Защита от ионизирующих излучений. Том 1. Физические основы защиты от излучений / Н.Г. Гусев [и др.]; под ред. Н.Г. Гусева. – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 512 с.
3. Машкович, В.П. Защита от ионизирующих излучений: Справочник / В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 496 с.
4. Кудряшов, Ю. Б. Основы радиационной биофизики: Учебник. / Ю. Б. Кудряшов, Б. С. Беренфельд – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 304 с.
5. Иванов, В.И. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений: Учеб. пособие для ВУЗов / В.И. Иванов, В.А. Климанов, В. П. Машкович. – 4-е изд.; перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 256 с.
6. Практикум по ядерной физике / под ред. В.О. Сергеева. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006. – 184 с.

Дополнительная литература

7. Голубев, Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: Учебник для ВУЗов / под ред. Е.Л. Столяровой. – 4-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986 – 464 с.
8. Черняев, А.П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом / А.П. Черняев – М.: Физматлит, 2004. – 152 с.
9. Защита от ионизирующих излучений. Том 2. Защита от излучений ядерно-технических установок / Н.Г. Гусев [и др.]; под ред. Н.Г. Гусева. – М.: Энергоатомиздат, 1990 – 336 с.
10. Бергельсон, Б.Р. Справочник по защите от излучения протяженных источников / Б.Р. Бергельсон, Г.А. Зорикоев. – М.: Атомиздат, 1965. – 173 с.
11. Кирюшин, А.И. Инженерные методы расчета и проектирования биологической защиты атомных паропроизводящих установок / А.И. Кирюшин, Е.А. Шлокин. – Горький: Изд-во ГПИ им. А.А. Жданова, 1979. – 56 с.

Нормативные документы

12. Закон Республики Беларусь "О радиационной безопасности населения", (в ред. от 21.12.2005 N 72-З, от 06.11.2008 N 440-З)
13. Санитарные правила и нормы «Требования к радиационной безопасности и Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.
14. Санитарные правила и нормы «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137.
15. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций», Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.03.2010 № 39
16. Публикация 103 Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер. с англ./под общей ред. М.Ф.Киселева и Н.К.Шандалы. – М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009.
17. Международное агентство по атомной энергии, “Радиационная защита персонала”, Серия норм безопасности №. RS-G-1.1, Вена: МАГАТЭ, 1999.

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Проверку степени усвоения знаний студентами предполагается осуществлять в формах текущего, рубежного и итогового контроля.

Текущий контроль включает защиту лабораторных работ, включая компьютерное тестирование знаний в рамках темы работы, а также контроль выполнения домашних заданий по практическим занятиям. Ход выполнения курсовой работы контролируется в процессе индивидуальных и групповых консультаций студентов, которые должны проводиться не реже одного раза в неделю.

Рубежный контроль предполагает двухчасовую контрольную работу по темам практических занятий на 14 неделе обучения.

Итоговый контроль проводится в форме защиты курсовой работы и экзамена.

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Приобретение знаний и умений осуществляется в процессе лекционных и практических занятий, а также в ходе выполнения лабораторного практикума и курсовой работы.

При чтении лекционного курса и проведении практических занятий рекомендуется использование демонстрационных материалов: компьютерных презентаций, а также раздаточного материала в виде распечаток информационно-справочных таблиц.

Практические занятия направлены на проработку теоретического материала и основываются на постановке и решении задач расчета дозовой нагрузки от внешнего ионизирующего излучения, а также задач физической защиты, максимально приближенных к проблемам, возникающим в процессе практической деятельности специалистов на АЭС.

При проведении лабораторных занятий предполагается использование компьютерных программ (библиотек характеристик радионуклидов и ядерно-физических констант) и стендовых наглядных пособий для обеспечения студентов информационно-справочным материалом. Для контроля знаний в рамках темы лабораторной работы также предлагается задействовать методики компьютерного тестирования.

Перечень тем практических занятий

1. Статистические закономерности ядерных излучений.
2. Расчет защиты от тяжелых и легких заряженных частиц.
3. Поле изотропных источников гамма-излучения в геометрии узкого пучка (точечный, линейный, поверхностный, объемный источники).
4. Поле точечных изотропных радионуклидных гамма-источников. Гамма-постоянная и керма-постоянная. Гамма-и керма-эквивалент.
5. Поле точечного изотропного источника гамма-излучения в приближении широких пучков. Фактор накопления в бесконечной и барьерной геометрии. Фактор накопления гетерогенных сред.
6. Инженерные методы расчета защиты от гамма-излучения в приближении широких пучков: универсальные защитные таблицы Гусева, расчет защиты по номограммам и слоям ослабления. Метод конкурирующих линий для сложного фотонного спектра.
7. Приближенные методы расчета защиты от нейтронного излучения. Метод длин релаксации. Метод сечений выведения.

Перечень тем лабораторных работ

1. Статистические закономерности ядерных излучений.
2. Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Определение энергии гамма-квантов методом поглощения
3. Взаимодействие гамма-квантов с веществом: зависимость линейного коэффициента поглощения потока гамма-квантов от вида поглотителя
4. Взаимодействие бета-частиц с веществом: зависимость проникающей способности бета-частиц от их максимальной энергии
5. Взаимодействие бета-частиц с веществом: обратное рассеяние электронов.
6. Взаимодействие альфа-частиц с веществом. Определение энергии альфа-частиц по длине их пробега в воздухе.

Перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Ионизирующее излучение и его классификации.
2. Источники ионизирующего излучения.
3. Классификация источников ионизирующего излучения по физической основе генерации и по назначению.
4. Классификация источников ионизирующего излучения по категориям опасности и по транспортируемости.
5. Технические характеристики источников ионизирующего излучения
6. Взаимодействие тяжёлых заряженных частиц с веществом: ионизационные потери.
7. Удельная ионизация. Кривая Брэгга.
8. Взаимодействие тяжёлых заряженных частиц с веществом: упругое рассеяние.
9. Пробег тяжёлых заряженных частиц в веществе.
10. Взаимодействие лёгких заряженных частиц с веществом: ионизационные потери.
11. Тормозное излучение заряженных частиц. Критическая энергия.
12. Излучение Вавилова-Черенкова.
13. Пробег лёгких заряженных частиц в веществе.
14. Взаимодействие гамма-квантов с веществом: фотоэффект.
15. Взаимодействие гамма-квантов с веществом: эффект Комптона.
16. Взаимодействие гамма-квантов с веществом: рождение электрон-позитронных пар.
17. Закон ослабления гамма излучения в веществе. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Толщина половинного ослабления.
18. Действие радиации на биологические молекулы.
19. Действие радиации на клетки. Принцип Бергонье и Трибондо.

20. Радиопротекторы и сенсibilизаторы. Йодная профилактика.
21. Детерминированные эффекты.
22. Стохастические эффекты.
23. Зависимость доза-эффект. Радиационный гормезис.
24. Источники и состав ионизирующего излучения на АЭС.
25. Работающий реактор как источник ионизирующих излучений.
26. Остановленный реактор как источник ионизирующих излучений.
27. Основной технологический контур как источник гамма-излучения.
28. Источники ионизирующих излучений в воздухе рабочих помещений на АЭС.
29. Функция радиационного отклика.
30. Преобразование энергии фотонного излучения в веществе: линейные коэффициенты передачи и поглощения энергии.
31. Функция отклика для кермы, поглощенной и экспозиционной доз.
32. Гамма-постоянная и керма-постоянная радионуклидного источника.
33. Радиевый гамма-эквивалент.
34. Керма-эквивалент.
35. Расчет дозовых полей для точечного изотропного источника в приближении узких пучков
36. Расчет дозовых полей для линейного источника в приближении узких пучков
37. Геометрия широкого пучка. Составляющие полной дозы.
38. Классификация защит.
39. Фактор накопления и его свойства.
40. Эмпирические приближения для расчёта фактора накопления в случае точечного источника и бесконечной защиты. Учёт барьерной геометрии защиты.
41. Факторы накопления гетерогенных сред
42. Расчет дозовых полей для точечного источника в приближении широких пучков.
43. Расчёт защиты от плоских и точечных источников по слоям ослабления.
44. Расчёт защиты с помощью универсальных таблиц и номограмм.
45. Метод конкурирующих линий.
46. Метод длин релаксации
47. Метод сечений выведения.
48. Материалы защиты от нейтронов
49. Методы радиационной защиты на АЭС.
50. Организационные меры защиты на АЭС: зонирование помещений.
51. Организационные меры защиты на АЭС: санпропускники и саншлюзы
52. Санитарно-защитная зона и зона наблюдения.
53. Средства индивидуальной защиты на АЭС.
54. Защита количеством, временем, расстоянием.
55. Биологическая защита ядерного реактора.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов проводится по всем темам теоретической части курса и практических занятий.

Организация самостоятельной внеаудиторной работы по курсу предполагает обеспечение студентов электронным учебно-методическим комплексом, включающим учебную программу дисциплины, материалы лекционных занятий, методические указания к лабораторным работам, темы практических и лабораторных занятий, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, вопросы для самоконтроля, учебную и нормативную литературу, а также библиотеки характеристик радионуклидов и другие информационные материалы.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка отчетов по лабораторным работам с применением научно-инженерного пакета обработки данных с целью их анализа, статистической обработки и графического представления;
- решение задач, в том числе индивидуальных, в рамках закрепления темы практических занятий согласно учебному графику;
- работа с базами данных по радионуклидам;
- подготовка курсовой работы по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым;
- подготовка к учебным занятиям и к задействованным формам контроля знаний;
- выполнение исследовательских заданий и подготовка докладов к студенческим конференциям.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
1. Атомные электрические станции 2. Принципы обеспечения безопасности АЭС	Кафедра «Тепловые электрические станции»	Изменений и дополнений нет Зав. кафедрой профессор, д.т.н. Н.Б. Карницкий	

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине.