

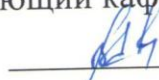
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«УЛЬЯНОВСКИЙ ИНСТИТУТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ Б.П. БУГАЕВА»

Факультет	Подготовки авиационных специалистов
Кафедра	Поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов и техносферной безопасности
Направление подготовки	20.03.01 – Техносферная безопасность
Профиль подготовки	2. – Безопасность технологических процессов и производств

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой ПАСОПиТБ

 В.А. Глушков
« 14 » 06 2018 г.

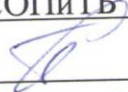
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(в форме бакалаврской работы)

Тема: **Организационно-технические условия защиты работников от ионизирующих излучений**

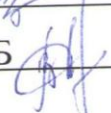
Выполнил: курсант уч. гр. ТБ-14-1  А.Ф. Саитбурханов

Научный руководитель: канд. хим. наук, доцент,

доцент кафедры ПАСОПиТБ  Е.Н. Калюкова

Консультант: доцент кафедры ПАСОПиТБ  А.С. Сальников

Рецензент: начальник ООТ и ОС УИ ГА  Е.В. Птицына

Нормоконтролер: к.б.н., доцент кафедры ПАСОПиТБ  В.В. Шуреков

Ульяновск 2018

Аннотация

Целью выпускной квалификационной работы является разработка предложений по обеспечению радиационной безопасности работников рентгенологического кабинета медико-санитарной части Ульяновского Института Гражданской Авиации.

В рамках первой главы выпускной квалификационной работы произведен анализ природы, источников и особенностей воздействия на организм человека ионизирующих излучений, порядок их нормирования и механизмы контроля.

Во второй главе выпускной квалификационной работы определены методы, средства и виды защиты от ионизирующих излучений, на основе чего разработаны предложения по обеспечению радиационной безопасности работников рентгенологического кабинета медико-санитарной части Ульяновского Института Гражданской Авиации.

В третьей главе произведен расчет средств защиты рентгенлаборатории МСЧ УИ ГА.

Выпускная квалификационная работа состоит из:

- 57-и страниц;
- 22-х рисунков;
- 11-и таблиц;
- 15-и источников.

Содержание

Список принятых сокращений	4
Термины и определения	5
Введение	6
Глава 1 Общая характеристика, нормирование, контроль и влияние ионизирующих излучений на организм человека	7
1.1 Природа, источники и применение ионизирующих излучений	7
1.3 Нормирование и контроль ионизирующих излучений	12
1.2 Особенности воздействия ионизирующего излучения на организм человека.....	21
Глава 2 Методы и средства защиты от ионизирующих излучений.....	26
2.1 Опасные факторы и средства защиты от ионизирующих излучений	26
2.1 Средства индивидуальной и коллективной защиты	30
Глава 3 Расчет защиты от ионизирующего излучения	39
3.1 Расчет коэффициентов ослабления защитных устройств.....	39
3.2 Результаты расчета защитных устройств	49
Заключение	55
Список использованных источников	56

					Выпускная квалификационная работа (в форме бакалаврской работы)			
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Разработал		Саитбурханов А.Ф.			Организационно-технические условия защиты работников от ионизирующих излучений	Лист	Лист	Листов
Проверил		Калюкова Е.Н.				ВКР	3	57
						Уч. гр. ТБ-14-1		
Н.контроль		Шуреков В.В.						
Утвердил		Глушков В.А.						

Список принятых сокращений

ЗСР – зона строгого режима;

ИИ – ионизирующее излучение;

РБ – радиационная безопасность;

РДК – рентген диагностический комплекс;

КРТ – комплекс рентгеновский телекоммуникационный;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

СКЗ – средства коллективной защиты.

Термины и определения

Активность – это мера количества радиоактивного вещества, которая выражается числом радиоактивных превращений (распадов ядер) в единицу времени.

Защита от ионизирующих излучений – это совокупность специальных мероприятий и средств, предназначенных для предохранения организма человека от лучевого воздействия в условиях научно-исследовательской и производственной деятельности.

Ионизирующее излучение – это потоки фотонов, элементарных частиц или осколков деления атомов, способные ионизировать вещество. К ионизирующему излучению не относят видимый свет и ультрафиолетовое излучение, которые в отдельных случаях могут ионизировать вещество.

Радионуклидный источник излучения — источник ионизирующего излучения, содержащий радиоактивный материал.

Радиоактивный материал - это источник ионизирующего излучения, радиоактивное вещество и ядерный материал, находящийся в любом состоянии и виде.

Соматический эффект облучения – биологический эффект, вызванный ионизирующим излучением в соматических (не половых) тканях облученного организма. Это возникновение злокачественных новообразований (опухолей) в различных органах и тканях облученного организма.

Средства индивидуальной защиты – это техническое средство, носимое человеком для предотвращения или уменьшения воздействия на него вредных и опасных факторов и для защиты от загрязнений.

Эффективная коллективная доза – величина, определяющая полное воздействие излучения на группу людей.

Введение

На современном этапе развития технологий, применение оборудования, действие которого основано на использовании ионизирующего излучения имеет широкий спектр областей применения.

Медико-санитарная часть Ульяновского Института Гражданской авиации, построенная в 1984 году, на третьем этаже здания располагается рентгенологический кабинет, в котором выполняются исследования различной направленности. За время функционирования лаборатории не однократно проводилась замена оборудования и перепланировка помещений, с целью повышения уровня безопасности персонала. Крайняя замена оборудования и средств защиты произошла в 2007 году, за это время технологии шагнули вперед и появилась необходимость проверки безопасности средств защиты работников. Под средствами защиты подразумевается толщина стен по периметру рентгенлаборатории.

Актуальность темы определяется тем, что на современном этапе развития технологий, использование источников ионизирующих излучений принимает широкое распространение в различные сферы экономики и быта, несмотря на свое пагубное действие на живые организмы. Безопасное использование технологий с применением источников ионизирующего излучения остается важной и актуальной проблемой.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка предложений по обеспечению радиационной безопасности работников рентгенологического кабинета медико-санитарной части Ульяновского Института Гражданской Авиации.

Задачи:

1. Дать общую характеристику ионизирующих излучений и определить порядок их нормирования и контроля.
2. Обобщить специфику методов и средств защиты от ионизирующих излучений.
3. Произвести расчет устройств защиты и проверить их соответствие с требуемыми нормативами.

Глава 1 Общая характеристика, нормирование, контроль и влияние ионизирующих излучений на организм человека

1.1 Природа, источники и применение ионизирующих излучений

На сегодняшний день во многих областях промышленного производства широко применяется аппаратура, действие которой основано на ионизирующем излучении. Работая с таким видом устройств, специалисты должны придерживаться специально разработанных последовательных мероприятий, правил и норм для исключения пагубного воздействия излучения на человека.

Если при взаимодействии среды с определенным видом излучения, имеет место образование электрических зарядов (ионов) разных знаков, то данное излучение – ионизирующее. Это излучение обладает рядом характерных свойств, одним из которых является проникающая способность: излучение может проходить через вещество. Некоторые виды излучения при малой потере энергии могут проникать на значительные расстояния. Всякое излучение сопровождается выделением энергии. Например, если ткань тела подвергнута облучению, то часть энергии будет передана атомам, которые составляют эту ткань.

Излучение, несущее достаточное количество энергии, способно к удалению (вырыванию) электронов из атомов. Этот процесс называется ионизацией, а само излучение – ионизирующим излучением. Излучение должно обладать достаточной энергией для ионизации, тогда его можно характеризовать как ионизирующее.

Разные типы ионизирующего излучения обладают разным разрушительным эффектом и по-разному воздействуют на биологические ткани. Виды ионизирующих излучений представлены на рисунке 1.

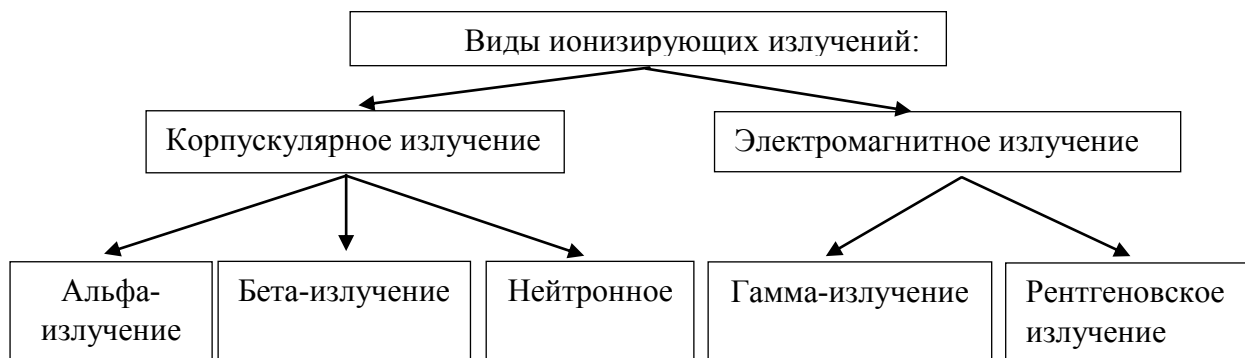


Рисунок 1 – Виды ионизирующих излучений

Для оценки влияния ионизирующих излучений на различные материалы живой и неживой природы, надо учитывать две основных характеристики: ионизирующую и проникающую способности.

Свойства различных видов ионизирующего излучения [12]:

а) Альфа-излучение – корпускулярное ионизирующее излучение – представляют собой поток ядер атомов гелия (${}^4\text{He}^{+2}$). Излучение обладает низкой проникающей способностью (при внешнем облучении не способно проникнуть через роговой слой кожи), но высокой ионизирующей способностью (порядка 100 000 пар ионов на 1 см. пробега). Пробег в воздухе – 2 см. Таким образом, альфа излучение абсолютно безопасно при внешнем облучении и крайне опасно при инкорпорации. Наиболее эффективная защита от α -излучения – защита расстоянием (более 2-3 см от источника). Защититься от α -излучения можно листом бумаги (рис.2).

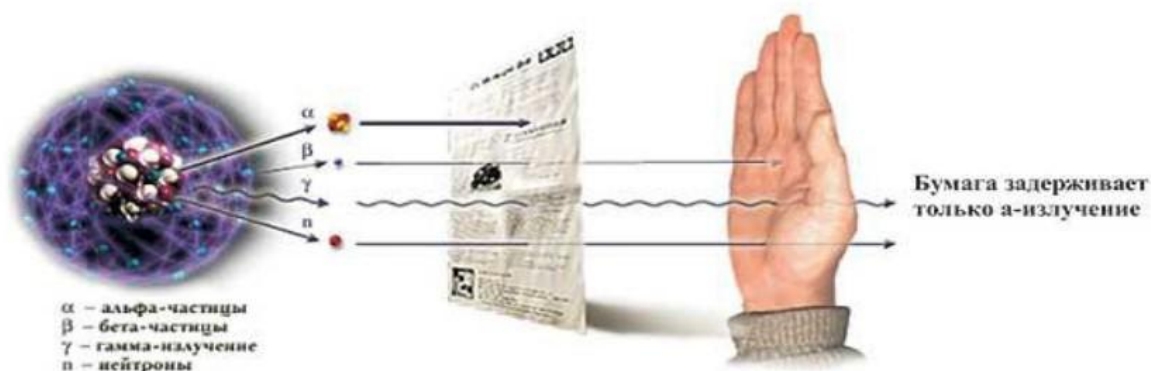


Рисунок 2 – способность бумаги задерживать ионизирующее излучение

б) Бета-излучение – вид ионизирующего излучения корпускулярной природы – представляет собой поток электронов (заряд минус 1, масса равна массе электрона), обладает относительно низкой проникающей способностью (2-3 см. при внешнем облучении), ионизирующая способность ниже, чем у α -излучения (порядка 1000 пар ионов на 1 см. пробега). Пробег в воздухе – порядка 15 см. Таким образом, бета- излучение может быть опасным при внешнем облучении (при условии контакта с кожей), но более опасно при внутреннем облучении, хотя менее опасно, чем альфа излучение. Защита от β -излучения может выполняться временем и расстоянием экранированием (достаточно плотной одежды, стекла), Защита от β -излучения экранированием представлена на рисунке 3.

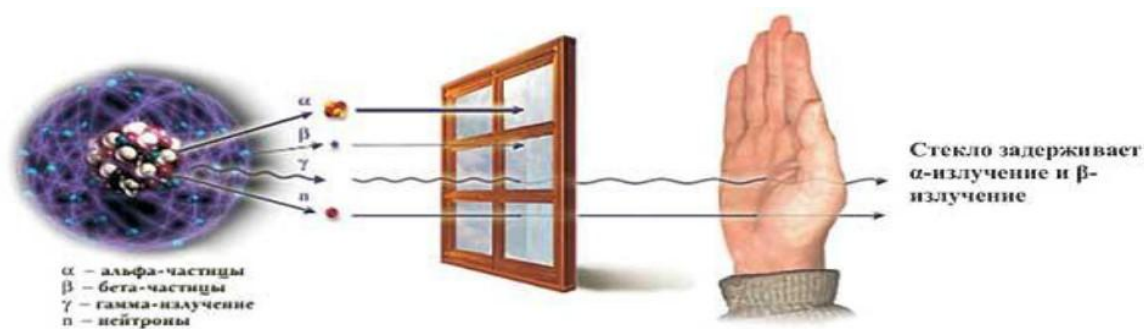


Рисунок 3 – Способность стекла задерживать α - и β -излучение

в) Гамма излучение и рентгеновское излучение – это виды ионизирующих излучений, которые представляют собой электромагнитное излучение. Оба вида излучения обладают высокой проникающей способностью (порядка метра, т.е. при внешнем облучении пронизывает тело человека насквозь), но низкой ионизирующей способностью (порядка 1 пары ионов на 1 см пробега). Таким образом, это излучение наиболее опасно при внешнем облучении, можно защититься расстоянием, временем и экраном (используют продукты переработки нефти, сталь). Защита листом стали изображена на рисунке 4.

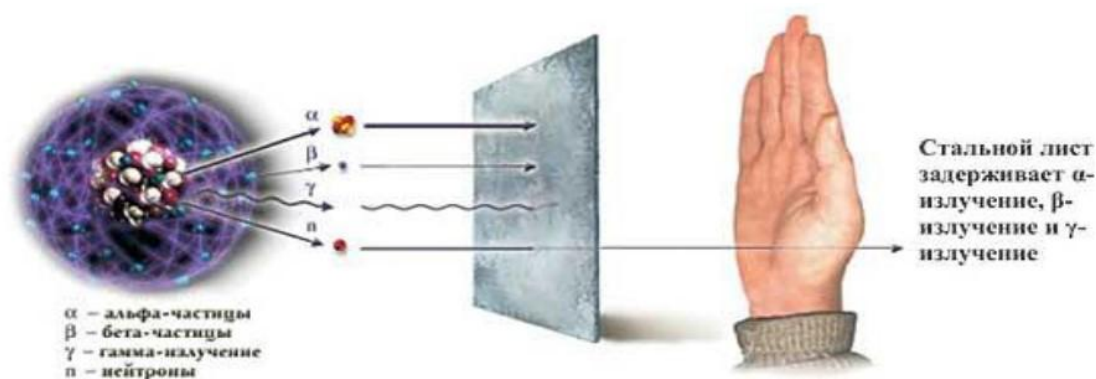


Рисунок 4 – Способность стального листа задерживать α-, β- и γ-излучения

г) Нейтронное излучение – корпускулярное излучение – представляет собой поток нейтронов (заряд нейтральный, молекулярная масса 1). Для него характерна высокая проникающая способность (еще большая, чем у гамма-излучения), т. е. также пронизывает тело человека при внешнем облучении. Ионизирующая способность относительно низкая, но несмотря на это нейтронное излучение является очень опасным при внешнем облучении. Для защиты от нейтронного излучения используют защиту временем, расстоянием, экранированием (используют свинцовые пластины). Защита бетонной плитой от нейтронного излучения и других видов ионизирующих излучений изображена на рисунке 5.

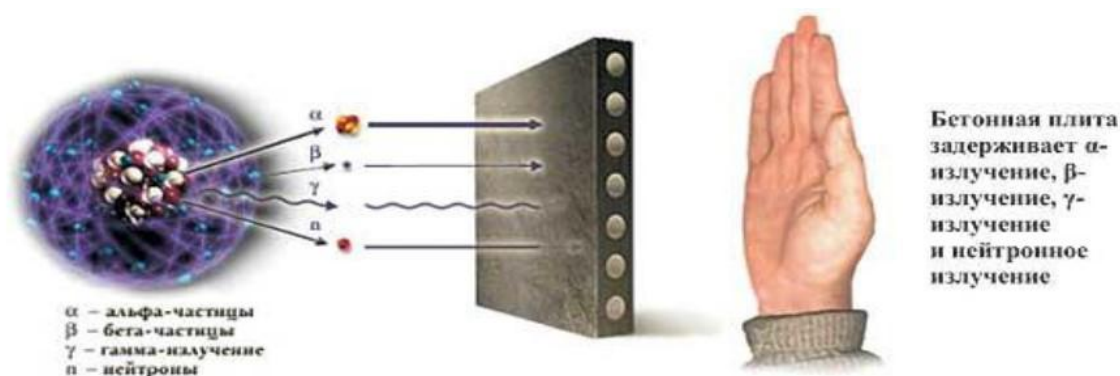


Рисунок 5 – Способность бетонной плиты задерживать различные виды ионизирующих излучений

По способу получения ионизирующего излучения все радиационные источники делятся на два класса – это радиационные источники, в состав которых входят радиоактивные вещества и радиационные источники, в которых генерируется ионизирующее излучение. По физической основе излучения радионуклидные источники разделяют на основе естественных и искусственных радиоактивных изотопов, физико-технические источники и источники излучения, закрытые и открытые.

Закрытый радионуклидный источник – источник излучения, устройство которого исключает поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан. В составе радиационных источников Российской Федерации поднадзорными организациями эксплуатируются более 67 тысяч закрытых радионуклидных источников 1-4 категорий по радиационной опасности.

Источник радионуклидный открытый – источник излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду.

Область применения закрытых ионизирующих источников весьма разнообразна:

- в металлургии применяются ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты, радиоизотопные приборы (уровнемеры);
- в строительной индустрии – ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты;
- в химической промышленности – радиоизотопные приборы (толщиномеры, приборы для снятия электростатических зарядов);
- в легкой промышленности – радиоизотопные приборы, такие как уровнемеры, толщиномеры, приборы для снятия электростатических зарядов;

Кроме того, закрытые источники применяются в геологии, медицине и биологии, сельском хозяйстве, в научных исследованиях.

1.2 Нормирование и контроль ионизирующих излучений

Для того, чтобы эксплуатация такого явления, как радиоактивность проходила и внедрялась в сегодняшнюю производственную индустрию без последствий, была разработана специализированная дисциплина – радиационная безопасность.

Радиационная безопасность – это состояние определенного уровня защищенности человечества от негативного воздействия ионизирующего излучения. В настоящее время, радиационная безопасность стала самостоятельной научно – практической дисциплиной, решающей достаточно большой список практических и теоретических проблем и задач, связанных с устранением ущерба, нанесенного ионизирующим излучением.

Первоначальной задачей радиационной безопасности является, прежде всего, создание специальной классификации критериев для оценивания опасного воздействия, получаемого от ионизирующего излучения отдельными людьми и окружающим миром. Поиск способов прогнозирования, оценки и калькулирования радиационной обстановки является немаловажной задачей. Данные разработки должны приводить ситуацию в соответствие с выработанными нормами безопасности. Долговременные наблюдения за людьми и тестирование их организмов, подвергнутых радиации при работе на соответствующих установках, опыты с животными, математический и статистический анализ всех промышленных аварий за определенный отрезок времени - все это часть создания критериев безопасности, необходимых для того, чтобы контролировать опасное влияние.

Обеспечение радиационной безопасности обеспечивается выполнением требований основных законов и других нормативных документов, регламентирующих радиационную безопасность, а также действующими на предприятии инструкциями, разработанными в соответствии с нормативными документами.

Законодательство Российской Федерации является составляющей частью системы обеспечения и регулирования ядерной и радиационной безопасности

при использовании атомной энергии. Иерархия документов в России, в целом, аналогична структурам, принятым в развитых странах.

Содержание документов соответствует их положению в иерархической структуре: документы верхних уровней содержат более общие правовые положения и обеспечивают действие нижестоящих документов; документы нижних уровней, согласуясь с вышестоящими документами, в большей степени затрагивают конкретные вопросы.

Так, Конституция Российской Федерации устанавливает (ст. 71), что «федеральные энергетические системы, ядерная энергетика, расщепляющиеся материалы находятся в ведении Российской Федерации» [1].

Схема иерархической структуры правовых и нормативных документов, регулирующих деятельность в области использования атомной энергии представлена на рисунке 6.

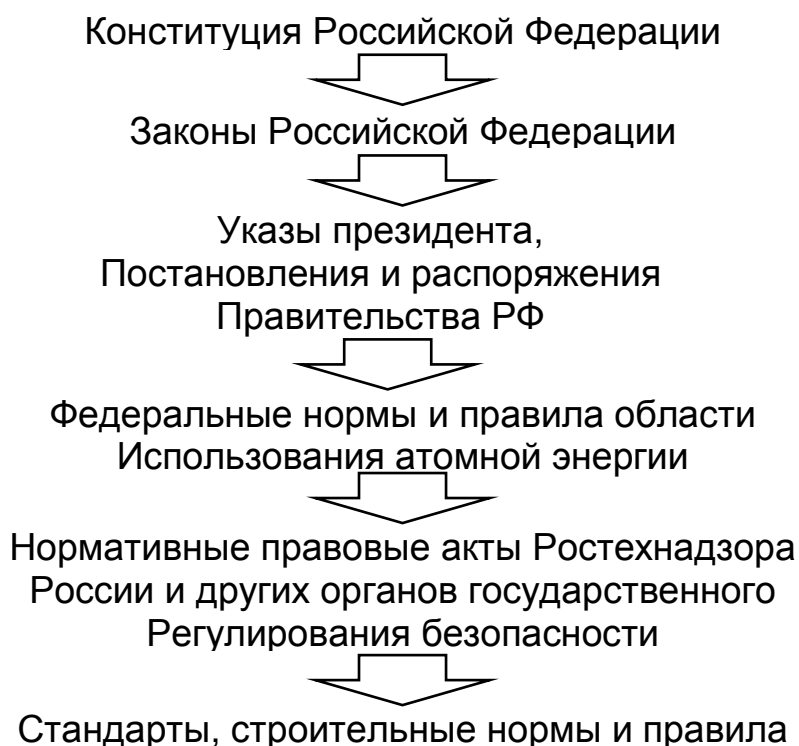


Рисунок 6 – Структура нормативно-правовых документов, регулирующих деятельность в области использования атомной энергии

Законы Российской Федерации, регулирующие деятельность в области использования атомной энергии, содержат не только общие положения правовой системы, направленные на предотвращение вредного воздействия хозяйст-

венной и иной деятельности на население и окружающую среду, но и конкретные статьи, относящиеся к обеспечению безопасности при обращении с ядерными материалами, радиоактивными веществами и, в частности, с радиоактивными отходами.

В настоящее время обеспечение радиационной безопасности регулируется следующими законодательными актами:

1. Федеральный закон РФ от 09.01.1996 № 3-ФЗ (ред. от 19.07.2011) «О радиационной безопасности населения»;

2. Федеральный закон РФ от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 18.04.2018) «О техническом регулировании»;

3. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. № 130-ФЗ «О принятии Поправки к Конвенции о физической защите ядерного материала»;

4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40 (в ред. от 16.09.2013) «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10», ОС-ПОРБ-99/2010. «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности»;

5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 № 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09», НРБ-99/2009. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы.

Государственный надзор в области обеспечения радиационной безопасности осуществляется уполномоченными федеральными органами исполнительной власти при осуществлении ими федерального государственного надзора в области использования атомной энергии и федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора согласно их компетенции.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по регулированию в сфере технологического и атомного надзора, функции по контролю и надзору, промышленной безопасности, безопасности при использовании атомной энергии, также является: уполномоченным органом государственного регулирования безопасности при ис-

пользовании атомной энергии (органом федерального государственного надзора в области использования атомной энергии).

Радиационная безопасность персонала, населения и окружающей среды считается обеспеченной, если соблюдаются основные принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования радиационной защиты, установленные Федеральным законом РФ от 9.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения», НРБ-99/2009 и действующими санитарными правилами «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» [9]:

- принципом нормирования – не превышением допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения;

- принципом обоснования – запрещением всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при котором полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону;

- принципом оптимизации – поддержании на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующих излучений.

Предельные уровни и суммарные дозы воздействия ионизирующих излучений всех видов, а также другие требования, ограничивающие облучение человека – устанавливаются Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40 «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10», ОСПОРБ-99/2010. «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности».

В соответствии с нормами радиационной безопасности установлены следующие категории лиц. Персонал – лица, работающие с техногенными источниками ионизирующего излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б). Представители группы Б не работа-

ют непосредственно с ионизирующими излучениями, но по условиям размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и других источников излучения, применяемых в учреждениях и удаляемых во внешнюю среду с отходами.

Основные дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения от техногенных источников в контролируемых, т.е. в неаварийных условиях, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные дозовые пределы.

Нормируемые величины	Дозовые пределы	
	Лица из персонала (группа А)	Лица из населения
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

Дозы облучения персонала группы Б не должны превышать 1/4 значений для персонала группы А. Для оперативного контроля, а также учитывая, что при работе с радиоактивными веществами возможно загрязнение ими рабочих поверхностей, попадание их в воздух и организм человека, используется также нормирование по другим параметрам, являющимся производными от основных дозовых пределов:

- пределы годового поступления,
- допустимые среднегодовые объемные активности,
- удельные активности и т. д., а также контрольные уровни.

Для обеспечения радиационной безопасности осуществляется радиационный контроль, он имеет целью определение степени соблюдения принципов радиационной безопасности и требований нормативов, включая непревышение установленных основных пределов доз и допустимых уровней при нормальной работе, получение необходимой информации для оптимизации защиты и принятия решений о вмешательстве в случае радиационных аварий, загрязнения местности и зданий радионуклидами, а также на территориях и в зданиях с повышенным уровнем природного облучения. Радиационный контроль осуществляется за всеми источниками излучения. Радиационному контролю подлежат:

- радиационные характеристики источников излучения, выбросов в атмосферу, жидких и твердых радиоактивных отходов;
 - радиационные факторы, создаваемые технологическим процессом на рабочих местах и в окружающей среде;
 - радиационные факторы на загрязненных территориях и в зданиях с повышенным уровнем природного облучения;
 - уровни облучения персонала и населения от всех источников излучения, на которые распространяется действие Норм радиационной безопасности;
- Основными контролируемыми параметрами являются:
- годовая эффективная и эквивалентная дозы;
 - поступление радионуклидов в организм и их содержание в организме для оценки годового поступления;
 - объемная или удельная активность радионуклидов в воздухе, воде, пищевых продуктах, строительных материалах и др.;
 - радиоактивное загрязнение кожных покровов, одежды, обуви, рабочих поверхностей;
 - доза и мощность дозы внешнего облучения;
 - плотность потока частиц и фотонов.

С целью оперативного контроля для всех контролируемых параметров устанавливаются контрольные уровни. Значение этих уровней устанавливается таким образом, чтобы было гарантировано непревышение основных пределов доз и реализация принципа снижения уровней облучения до возможно низкого уровня.

При этом учитывается облучение от всех подлежащих контролю источников излучения, достигнутый уровень защищенности, возможность его дальнейшего снижения с учетом требований принципа оптимизации. Обнаруженное превышение контрольных уровней является основанием для выяснения причин этого превышения и разработки мероприятий по его устранению.

При планировании и проведении мероприятий по обеспечению радиационной безопасности, принятии решений в области обеспечения радиационной

безопасности, анализе эффективности указанных мероприятий органами государственной власти, органами местного самоуправления, а также организациями, осуществляющими деятельность с использованием источников ионизирующего излучения, проводится оценка радиационной безопасности по следующим основным показателям:

- характеристика радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- анализ обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;
- вероятность радиационных аварий и их масштаб;
- степень готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий;
- анализ доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения;
- число лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов доз облучения.

Контролируемые условия обращения с источником излучения – условия обращения с источником ионизирующего излучения, при которых облучение персонала и населения этим источником находится под контролем и управляемо. К контролируемым условиям относятся нормальные условия эксплуатации источников излучения и условия планируемого повышенного облучения.

Программа радиационного контроля в организации, где планируется обращение с источниками излучения, разрабатывается на стадии проектирования. В проекте радиационного объекта должны быть определены виды, объем и порядок проведения контроля, перечень технических средств и штат работников, необходимых для его осуществления. Виды и объём радиационного контроля могут уточняться в зависимости от конкретной радиационной обстановки в данной организации и на прилегающей территории.

В зависимости от объема и характера работ, радиационный контроль осуществляется службой радиационной безопасности или лицом, ответственным за радиационный контроль, прошедшим специальную подготовку.

Администрация радиационного объекта разрабатывает и утверждает программу радиационного контроля с учетом особенностей и условий, выполняемых работ. Радиационный контроль организаций и территорий предусматривает проведение контроля и учета индивидуальных доз облучения работников (персонала) и населения. Контроль и учет доз облучения персонала и населения должен проводиться с учетом требований Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения населения.

Результаты радиационного контроля используются для оценки радиационной обстановки, установления контрольных уровней, разработки мероприятий по снижению доз облучения и оценки их эффективности.

С целью оперативного контроля для всех контролируемых параметров устанавливаются контрольные уровни. Значение этих уровней устанавливается таким образом, чтобы было гарантировано непревышение основных пределов доз и реализация принципа снижения уровней облучения до возможно низкого уровня. При этом учитывается облучение от всех подлежащих контролю источников излучения, достигнутый уровень защищенности, возможность его дальнейшего снижения с учетом требований принципа оптимизации. Обнаруженное превышение контрольных уровней является основанием для выяснения причин этого превышения.

Закон Российской Федерации № 7 от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды» устанавливает основные правовые положения по охране окружающей природной среды при обращении с радиоактивными отходами [6].

Устанавливает необходимость получения лицензии на комплексное природопользование, в которой, в частности, указываются экологические требования, при которых допускается использование природных ресурсов (ст. 30);

Устанавливает необходимость введения нормативов предельно допустимого уровня безопасного содержания радиоактивных веществ в окружающей

природной среде и продуктах питания, предельно допустимого уровня радиационного облучения населения; при этом их величины не должны представлять опасности для здоровья и генетического фонда человека (ст.23);

Устанавливает, что при размещении предприятий, сооружений и иных объектов должно быть обеспечено выполнение требований по охране окружающей природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, учету ближайших и отдаленных экологических и иных последствий деятельности указанных объектов при приоритете здоровья человека и благосостояния населения (ст. 41);

Закон Российской Федерации "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" № 52 от 30.03.1999 устанавливает: производство, применение (использование), транспортировка, хранение и захоронение радиоактивных веществ, материалов и отходов, являющихся источниками физических факторов воздействия на человека, допускаются при наличии санитарно-эпидемиологических заключений о соответствии условий работы с источниками физических факторов воздействия на человека санитарным правилам (ст.27) [4].

Согласно ст.22 Закона отходы производства и потребления подлежат сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению, условия, и способы которых должны быть безопасными для здоровья населения и среды обитания, и которые должны осуществляться в соответствии с санитарными правилами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Также закон определяет, что обязательным условием для принятия решения о выдаче лицензии на отдельные виды деятельности (работ, услуг) является представление соискателем лицензии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии санитарным правилам представляющих потенциальную опасность для человека следующих видов деятельности.

1.3 Особенности воздействия ионизирующего излучения на организм человека

Во всех случаях воздействия ионизирующих излучений на живую ткань в основе первичных изменений, возникающих в клетках, лежит передача энергии в результате процессов ионизации и возбуждения атомов ткани. Энергию, непосредственно передаваемую атомам и молекулам биотканей, называют прямым действием радиации. Косвенное действие радиации связано с передачей энергии не непосредственно от излучения, а от другой молекулы. Поскольку 70 % массы человека составляет вода, то ионизация молекул воды связана с образованием свободных радикалов $\text{OH}^\cdot$ и $\text{H}^\cdot$, отличающихся исключительно высокой химической активностью. Незначительное количество свободных радикалов организм контролирует, вырабатывая ферменты. Попадая в клетки, свободные радикалы участвуют в процессах окисления белков и ферментов, нарушают баланс кальция и кодирование генетической информации. Образующиеся в организме токсичные вещества, ослабляют работу иммунной системы, при этом снижается сопротивляемость организма. В процесс вовлекаются клетки других тканей, что приводит к нарушению их функций организма.

О том, что облучение рентгеновскими или гамма-лучами может вызвать тяжелые последствия для здоровья, стало известно вскоре после их открытия. Ионизирующего излучения невозможно избежать. Биологическое действие ионизирующего излучения заключается в том, что поглощенная веществом энергия проходящего через него излучения расходуется на разрыв химических связей атомов и молекул, что нарушает нормальное функционирование клеток живой ткани. Другими словами, при воздействии ионизирующего излучения на биологический объект происходит гибель клеток. Количество гибнущих клеток возрастает с увеличением дозы.

Очень большие дозы облучения порядка 100 Гр вызывают настолько сильное поражение центральной нервной системы, что смерть наступает в течение нескольких часов или дней [12].

При дозах в десятки Гр – поражение центральной нервной, кровоизлияние в желудочно-кишечном тракте, смерть через одну–две недели.

При дозах от 5 до 10 Гр – инфекционные заболевания и кровоизлияния, смерть наступает в течение месяца с момента облучения. Крайне тяжелая форма острой лучевой болезни.

При дозах 2.5 - 4 Гр – возникает лучевая болезнь средней степени тяжести. Такие дозы – вызывают существенный, непоправимый ущерб здоровью, облысение и лейкокривие.

При дозах 1.5 - 2.5 Гр – легкая форма лучевой болезни, которая проявляется в виде выраженной, продолжающейся длительное время лейкопении (снижения числа лейкоцитов).

При дозах 1 - 1,5 Гр – могут появиться выраженные соматические эффекты, нарушение работоспособности, возникают различные формы острой лучевой болезни.

При дозах 0,5 - 1 Гр вызывает чувство усталости, наблюдаются умеренные изменения в составе крови. Основная доля радиационного риска – возможность, в будущем, появления онкологических заболеваний (рак крови, кожи, щитовидной железы и т.д.)

Сегодня среди техногенных источников ионизирующего облучения человек наиболее часто сталкивается с ионизирующим излучением во время медицинских процедур, поскольку ионизирующее излучение используется в медицине как инструмент диагностики (флюорография, рентгенография и компьютерная томография). Также все больше распространяются и новые сложные диагностические методы, которые опираются на использование радиоизотопов.

Более того, медицинское облучение имеет целый ряд особенностей, усугубляющих его действие: оно характеризуется высокой мощностью дозы излучения; направлено на больной или ослабленный организм; является неравномерным, воздействуя в основном на одни и те же органы, в том числе радиочувствительные.

Медицинские источники ионизирующего излучения занимают лидирующее место среди всех источников ионизирующего излучения, влияющих на человека. Безопасная суммарная эффективная эквивалентная годовая доза для населения составляет 4 мЗв. При однократном рентгенографическом обследовании пациент получает дозу в 3 мЗв, маммографии и флюорографии – 15 мЗв

Различные виды излучения вызывают различные биологические эффекты. Это означает, что равные количества поглощенных доз, например, альфа-излучения и гамма-излучения воздействуют на тело человека по-разному. Для оценки воздействия ионизирующих излучений используется понятие «Доза». Единица измерения дозы – Зв (Зиверт). Мощность дозы - доза облучения в единицу времени. Она представляется в миллизиверт в час – мЗв/ч. Когда излучение проходит сквозь материю, оно отдает свою энергию, ионизируя молекулы вещества. Эта энергия называется поглощенной дозой, единицей измерения которой является Грей (Гр). 1 Грей = 1 Джоуль / кг. Поглощенная доза – вся энергия, которую орган (тело) или объект поглощает, когда оно подвергается излучению [13]. Поглощенная доза не является мерой для оценки вызванного ущерба для организма – должен быть учтен также вид излучения (представленный на рисунке 1). По поражающему действию организма дозы различают на несколько типов, они представлены на рисунке 7.

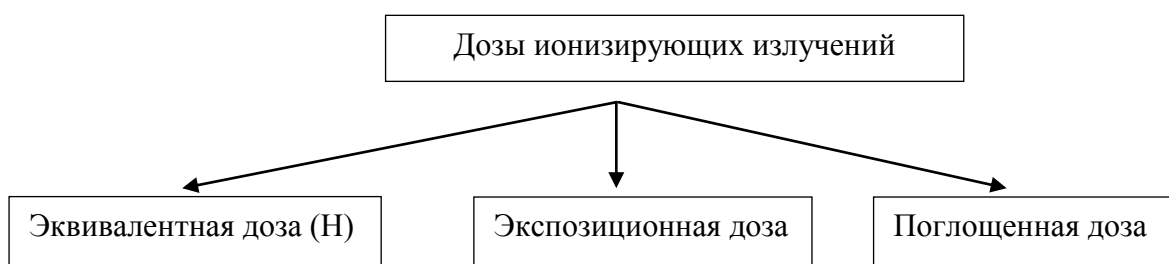


Рисунок 7 – Дозы ионизирующих излучений по поражающему действию

Эквивалентная доза – это поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения (коэффициент качества). Единицей измерения эквивалентной дозы является Зиверт (Зв).

Экспозиционная доза – это доза излучения в воздухе. Она характеризует потенциальную опасность воздействия излучения при общем и равномерном облучении тела человека. Единицей измерения экспозиционной дозы является Кулон/килограмм (Кл/кг).

Если бы биологическое действие ионизирующего излучения определялось в основном прямым действием, когда молекула испытывает изменения в виде ионизации и возбуждения непосредственно при взаимодействии с ионизирующей частицей, то оно не представляло бы такой большой опасности для биологических организмов.

Никакой другой вид энергии (тепловой, электрической, механической), поглощенной биологическим объектом в том же количестве, не приводит к таким изменениям в нем, какие вызывает ионизирующее излучение. Даже небольшое количество ионизирующего излучения, попав в организм, может привести к катастрофическим последствиям для его жизнедеятельности, эффекты воздействия ионизирующих излучений на организм человека подставлены в таблице 2.

Таблица 2 – Воздействие ионизирующего излучения на организм человека.

Соматические эффекты	Генетические эффекты
Лучевая болезнь	Генные мутации
Локальные лучевые поражения	Хромосомные aberrации
Лейкозы	
Опухоли разных органов	

Также воздействие излучения может быть внутренним или внешним и может происходить различными путями. Внутренне воздействие ионизирующего излучения происходит, когда радионуклиды вдыхаются, поглощаются или иным образом попадают в кровообращение (например, в результате инъекции, ранения). Внутреннее воздействие прекращается, когда радионуклид выводится из организма либо самопроизвольно, либо в результате лечения. Внешнее радиоактивное заражение может возникнуть, когда радиоактивный материал в

воздухе (пыль, жидкость, аэрозоли) оседает на кожу или одежду. Такой радиоактивный материал часто можно удалить с тела простым мытьем.

Воздействие ионизирующего излучения может также произойти в результате внешнего излучения из соответствующего внешнего источника (например, медицинским рентгеновским оборудованием). Внешнее облучение прекращается в том случае, когда источник излучения закрыт, или, когда человек выходит за пределы поля излучения.

Воздействия ионизирующего излучения могут быть:

1. Запланированное воздействие, которое обусловлено преднамеренным использованием и работой источников излучения в конкретных целях, например, в случае медицинского использования излучения для диагностики или лечения пациентов, или использование излучения в промышленности или в целях научных исследований.

2. Существующие источники воздействия, когда воздействие излучения уже существует и необходимо принять соответствующие меры контроля, например, воздействие радона в жилых домах или на рабочих местах или воздействие фоновое естественного излучения в условиях окружающей среды.

3. Воздействие в чрезвычайных ситуациях, обусловленных неожиданными событиями, предполагающими принятие оперативных мер, например, в случае ядерных происшествий или злоумышленных действий.

Таким образом, зная природу ионизирующих излучений, методы их нормирования и контроля, можно сделать вывод о том, что для снижения уровней негативного воздействия на организм человека, требуется своевременное исполнение законов и нормативно-правовых актов на всех уровнях взаимодействия с источниками ионизирующего излучения. Важным фактором является соблюдение правил безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений, а также своевременное и правильное применение средств защиты от них.

Глава 2 Методы и средства защиты от ионизирующих излучений

2.1 Опасные факторы и средства защиты от ионизирующих излучений

Работа по защите от ионизирующего излучения состоит в том, чтобы устранить риск облучения организма, вызванного ионизирующим излучением и минимизировать риск дальнейших возможных последствий облучения. Чтобы эффективно защитить персонал от опасности облучения, необходимо обнаружить и оценить размеры этой опасности используя соответствующие приборы. Принцип действия приборов, используемых для регистрации излучений, заключается в измерении эффектов, возникающих в процессе взаимодействия излучения с веществом.

Приборы и средства, используемые для измерения или контроля ионизирующих излучений, по функциональному назначению делятся на дозиметрические, радиометрические, спектрометрические, сигнализаторы и многоцелевые приборы (универсальные), блоки детектирования, устройства детектирования.

Дозиметры – приборы, измеряющие экспозиционную или поглощенную дозу излучения или мощность этих доз, интенсивность излучения, перенос энергии или передачу энергии объекту, находящемуся в поле излучений.

Радиометры – приборы, измеряющие излучения для получения информации об активности нуклида в радиоактивном источнике, удельной, объемной активности, потоке ионизирующих частиц или квантов, радиоактивном загрязнении поверхностей.

Спектрометры – приборы, измеряющие распределение ионизирующих излучений по энергии, времени, массе и заряду элементарных частиц и т. д.; по одному и более параметрам, характеризующим поля ионизирующих излучений. Приборы представлены на рисунке 8.



Рисунок 8 – Приборы и средства, используемые для измерения или контроля ионизирующих излучений: а) дозиметр СОЭКС 01М Прайм; б) радиометр МКС-АТ6130; в) спектрометр NMReady-60PRO.

Потенциально более опасными являются радиационные объекты, в результате деятельности которых при аварии возможно облучение не только работников объекта, но и населения. Наименее опасными радиационными объектами являются те, где исключена возможность облучения лиц, не относящихся к персоналу. По потенциальной радиационной опасности устанавливается четыре категории объектов [11].

К I категории относятся радиационные объекты, при аварии на которых возможно их радиационное воздействие на население и могут потребоваться меры по его защите.

Во II категории объектов радиационное воздействие при аварии ограничивается территорией санитарно-защитной зоны.

К III категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии которых ограничивается территорией объекта.

К IV категории относятся объекты, радиационное воздействие от которых при аварии ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения.

С точки зрения защиты персонала от ионизирующих излучений здания разделены на зону строгого режима и зону свободного режима. В ЗСР, соответственно, все помещения в зависимости от степени радиационной опасности условно делятся по зонам (двери помещений маркируются специальным знаком с цветными метками): на 1-ю (цвет маркировки – красный), 2-ю (цвет маркировки – желтый) и 3-ю (цвет маркировки – зеленый) зоны. Деление по зонам производится в соответствии с 3-мя радиационными параметрами:

- мощность дозы ионизирующего излучения;
- загрязненность помещения или оборудования;
- загрязненность воздуха.

Помещения, относящиеся по любому из параметров к 1 или 2 зоне, находятся под особым контролем службы радиационной безопасности.

Инструкциями по радиационной безопасности установлены правила безопасности при посещении и выполнении работ в этих помещениях, так как это наиболее вероятные места, где персонал может быть подвержен облучению или загрязнению.

В помещениях 3-й зоны радиационные параметры могут незначительно превышать радиационный фон. Там запрещено хранение и размещение радиоактивных материалов, загрязненность поверхностей и воздуха не должна превышать установленные инструкциями нормы.

Специальная группа персонала службы радиационной безопасности контролирует общую и индивидуальную защиту персонала в ЗСР. В задачу этой группы входит:

- контроль рабочей среды по радиационным параметрам;
- организация защиты работников от переоблучения;
- контроль распространения радиоактивного загрязнения за пределы зоны строгого режима.

Радиоактивные вещества, попавшие за пределы ЗСР в небольших количествах, сложно обнаружить из-за обширности территории зоны свободного ре-

жима и трудоемкости работ. Поэтому, бесконтрольное перемещение материалов и др. из ЗСР в зону свободного режима запрещается.

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности:

- Защита количеством;
- Защита временем;
- Защита расстоянием;
- Защита экранированием.

Эти принципы вытекают из формулы (1), которая используется для расчета доз и защиты:

$$D = \frac{A \cdot t \cdot K_{\gamma}}{R^2}, \quad (1)$$

где D – доза в рентгенах;

A – активность в мКи;

t – время в час;

R – расстояние в см;

K_{γ} - гамма-постоянная изотопа.

Защита количеством – проведение работы с минимальными количествами радиоактивных веществ, это пропорционально сокращает мощность излучения. Однако требования технологического процесса часто не позволяют сократить количество радиоактивного вещества в источнике, что ограничивает на практике применение этого метода защиты.

Один из факторов, влияющих на дозу облучения – время. Зависимость простая: чем меньше время воздействия ионизирующих излучений на организм – тем меньше доза. Защита временем основана на сокращении времени работы с источником, что позволяет уменьшить дозы облучения персонала. Этот принцип особенно часто применяется при непосредственной работе персонала с малыми активностями.

Общим свойством всех источников ионизирующего излучения является то, что мощность дозы уменьшается с увеличением расстояния. Это обусловлено тем, что излучение теряет свою энергию при взаимодействии

с веществом: чем больше расстояние до источника, тем больше произойдет актов взаимодействия излучения с атомами и молекулами, что снижает дозу облучения. Защита расстоянием достаточно простой и надежный способ защиты.

2.2 Средства индивидуальной и коллективной защиты

Источник излучения может иметь различную конфигурацию: точечный, объемный, поверхностный или линейный источник. Излучение от точечного источника уменьшается пропорционально квадрату расстояния. Защита экранами наиболее эффективный способ защиты от излучений. В зависимости от вида ионизирующих излучений для изготовления экранов применяют различные материалы, а их толщина определяется мощностью излучения. Лучшими экранами для защиты от рентгеновского и гамма-излучений являются материалы с большим молярной массой, например, свинец, позволяющий добиться нужного эффекта по краткости ослабления при наименьшей толщине экрана. Более дешевые экраны делаются из просвинцованного стекла, железа, бетона, железобетона и воды.

Мощность дозы может быть уменьшена посредством установки защиты (экранирования), так как любая материя поглощает лучистую энергию при облучении. Именно поэтому работник подвергается меньшему облучению, если имеется защита между ним и источником излучения. Оптимальная толщина защиты (экрана) зависит от энергии излучения и активности источника излучения.

Источники внешнего облучения, как правило, являются закрытыми (ядерные реакторы, ускорители, облучатели, рентгеновские аппараты и др.). Внешнее облучение происходит только в тех случаях, когда человек находится вблизи источника излучения, и прекращается с выходом его из этой зоны.

Наиболее опасны при внешнем облучении потоки γ -квантов и нейтронов – незаряженных частиц, обладающих наибольшей проникающей способностью. Вклад нерассеянного излучения в дозу за защитой часто невелик при больших

толщинах защиты; основной вклад в полную дозу вносит излучение, испытавшее многократное рассеяние.

По своему назначению защитные экраны условно разделяются на пять групп:

1. Защитные экраны-контейнеры, в которые помещаются радиоактивные препараты. Они широко используются при транспортировке радиоактивных веществ и источников излучений.

2. Защитные экраны для оборудования. В этом случае экранами, полностью окружают все рабочее оборудование при положении радиоактивного препарата в рабочем положении или при включении высокого (или ускоряющего) напряжения на источнике ионизирующей радиации.

3. Передвижные защитные экраны. Этот тип защитных экранов применяется для защиты рабочего места на различных участках рабочей зоны.

4. Защитные экраны, монтируемые как части строительных конструкций (стены, перекрытия полов и потолков, специальные двери и т.д.). Такой вид защитных экранов предназначается для защиты помещений, в которых постоянно находится персонал, и прилегающей территории.

5. Экраны индивидуальных средств защиты (щиток из оргстекла, смотровые стекла пневмокостюмов, просвинцованные перчатки и др.).

При расчете защиты пользуется нормативом дозы, в которую надо уложиться при работе с источниками ионизирующего излучения. Для обычных условий чаще всего используют ориентировочный норматив недельного облучения $D_0 = 0,1$ Р/нед. При работе с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений стараются реализовать все принципы защиты, но при определенных радиационно-опасных операциях какой-то из принципов становится ведущим, и на его основе проводят расчет защиты, преобразуя формулу 1.

Расчет защиты количеством:

$$A = \frac{D_0 \cdot R^2}{t \cdot K_y} . \quad (2)$$

Расчет защиты временем:

$$t = \frac{D_0 \cdot R^2}{A \cdot K_y} \quad (3)$$

Расчет защиты расстоянием:

$$R = \sqrt{\frac{A \cdot t \cdot K_y}{D_0}}. \quad (4)$$

Для расчета защиты экранами определяют необходимую кратность ослабления по формуле:

$$K = \frac{D}{D_0} \cdot 2, \quad (5)$$

где D – доза без экрана,

D_0 – допустимый уровень,

2 – коэффициент запаса.

Далее по таблицам находят необходимую толщину экрана.

Для защиты от ионизирующих излучений применяются средства коллективной и индивидуальной защиты.

Классификация средств коллективной защиты приведена на рисунке 9.

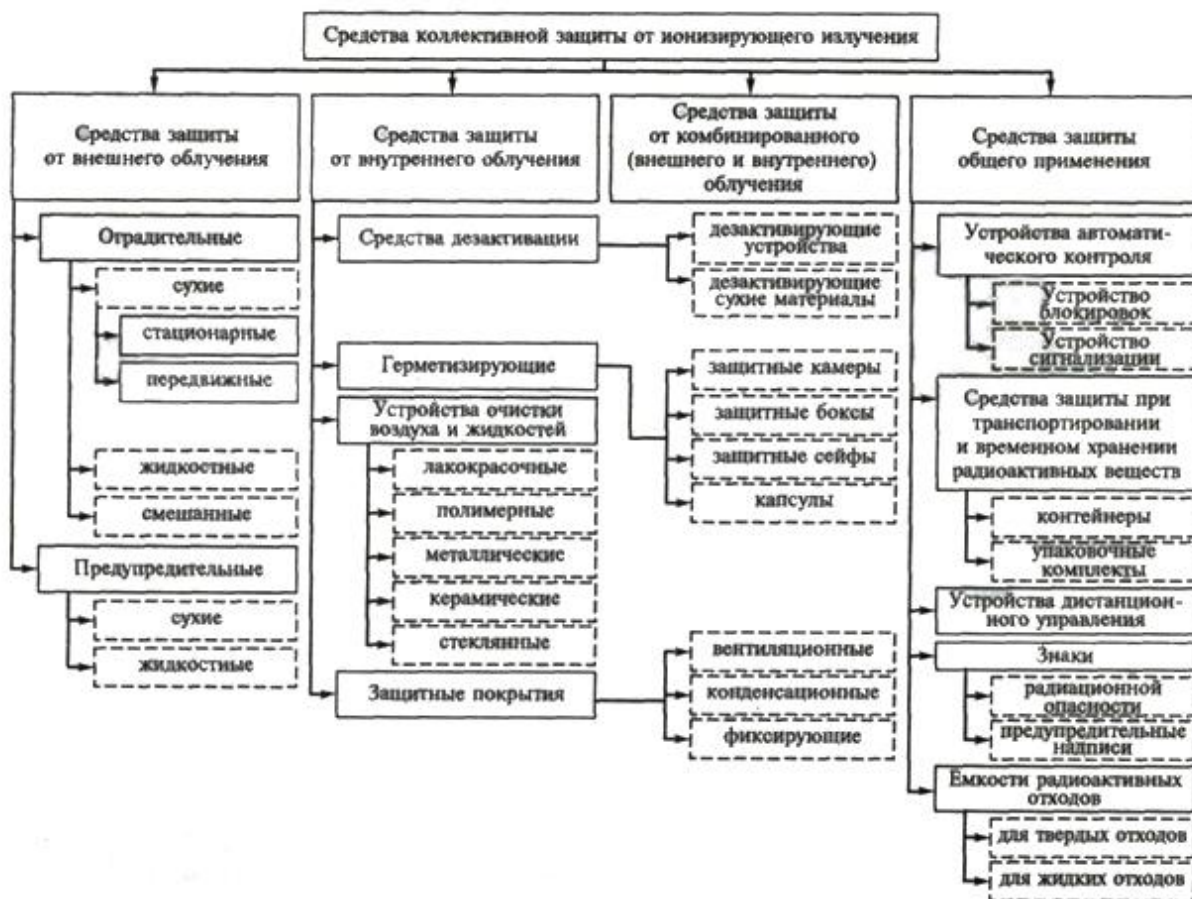


Рисунок 9 – Классификация средств коллективной защиты от ионизирующих излучений

Средства коллективной защиты должны исключать непосредственный контакт персонала с радиоактивными веществами или уменьшать воздействие ионизирующих излучений на работающих до допустимых уровней. Средства коллективной защиты должны:

- быть устойчивыми к механическим, химическим, температурным и атмосферным воздействиям;
- обладать стойкостью к применяемым веществам, реактивам и щелочным растворам;
- иметь гладкую поверхность и влагостойкие слабо сорбирующие покрытия, облегчающие удаление радиоактивных загрязнений.

Наиболее широко используемым средством коллективной защиты от ионизирующего излучения является экранирование. Под термином «экран» понимают передвижные или стационарные оградительные устройства (например, щиты), предназначенные для поглощения или ослабления ионизирующего из-

лучения. Экранами служат также стенки сейфов для хранения радиоактивных изотопов, стенки боксов, защитных камер и др.

Для защиты людей от внутреннего облучения требуется принятие мер, исключающих возможность попадания в организм радиоактивных веществ в количествах, превышающих предельно допустимые. Последние непосредственно связаны с так называемыми предельно допустимыми концентрациями радиоактивных веществ в воздухе, воде и на поверхности полов, стен и оборудования в производственных помещениях. Для того чтобы эти концентрации не были превышены, производственные помещения оборудуют системой принудительной приточно-вытяжной вентиляции, жидкие отходы перед удалением разбавляют, а рабочие поверхности периодически очищают специальными дезактивирующими средствами. Существенное значение имеет также правильная планировка предприятий, использующих или перерабатывающих радиоактивные вещества, регламентируемая санитарными правилами.

Защиту от γ - или рентгеновского излучений обеспечивают с помощью материалов, имеющих высокий удельный вес (кирпич, бетон, свинец, вольфрам или свинцовые стекла). С возрастанием энергии излучения удельный вес защитного материала или его толщина должны увеличиваться. Качество защиты выражается свинцовым эквивалентом (который определяется толщиной слоя свинца в миллиметрах), ослабляющим излучение данного вида в такой же степени, как и использованный защитный материал. Защиту от нейтронного излучения или протонного излучения, имеющими в своем составе водород (например, вода, парафин, органическое стекло).

При работе с источниками ионизирующих излучений необходимо физические меры противолучевой защиты сочетать также с правильной организацией труда.

Организационные противолучевые мероприятия предусматривают:

- 1) обязательную предварительную теоретическую и практическую подготовку персонала по технике безопасности;

2) систему дозиметрического и радиометрического контроля облучения персонала и загрязненности рабочих мест;

3) медицинский контроль за состоянием здоровья персонала как вновь поступающего на работу, так и ежегодно в плане диспансерного наблюдения;

4) рациональное размещение рабочих мест персонала в условиях наименьшего облучения.

Критериями, оценивающими качество противолучевой защиты, являются показатели величин мощности дозы излучения на рабочих местах и величина мощности дозы облучения сотрудников.

Все работающие с источниками излучения в открытом виде или посещающие участки, где производятся такие работы, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты в соответствии с видом и классом работ. Они предохраняют человека от попадания радиоактивных веществ в органы дыхания, пищеварения, на кожу. Средства индивидуальной защиты делятся на следующие виды:

- изолирующие костюмы: пневмокостюмы, гидроизолирующие костюмы. Эти средства полностью защищают работающего от радиоактивных веществ;

- средства защиты органов дыхания: противогазы, респираторы, пневмошлемы;

- спецодежда: комбинезоны, полукOMBинезоны, куртки, брюки, халаты, фартуки;

- спецобувь: сапоги, ботинки, бахилы;

- средства защиты рук: рукавицы, перчатки;

- средства защиты глаз – защитные очки;

- предохранительные приспособления: ручные захваты, манипуляторы.

Выбор средств индивидуальной защиты зависит от условий работы и радиационной обстановки. При работах с радиоактивными веществами в открытом виде I и II класса персонал должен иметь комплект основных средств индивидуальной защиты, а также дополнительные средства защиты в зависимости от уровня и характера возможного радиоактивного загрязнения.

Основной комплект средств индивидуальной защиты включает: спецбелье, носки, комбинезон или костюм (куртка, брюки), спецобувь, шапочку или шлем, перчатки, полотенца и носовые одноразовые платки, средства защиты органов дыхания (в зависимости от загрязнения воздуха).

При работах III класса персонал должен быть обеспечен халатами, шапочками, перчатками, легкой обувью и при необходимости средствами защиты органов дыхания.

Средства защиты органов дыхания (фильтрующие или изолирующие) необходимо применять, при работах и условиях возможного аэрозольного загрязнения воздуха помещений радиоактивными веществами (работа с порошками, выпаривание радиоактивных растворов).

При работах, когда возможно загрязнение воздуха помещения радиоактивными газами или парами (ликвидация аварий, ремонтные работы), или, когда применение фильтрующих средств не обеспечивает радиационную безопасность, следует применять изолирующие защитные средства (пневмокостюмы, пневмошлемы, а в отдельных случаях и автономные изолирующие аппараты).

В качестве материалов для изготовления пленочной одежды могут применяться некоторые виды пластиков, органическое стекло, некоторые сорта резины и другие материалы, легко очищающиеся от радиоактивных загрязнений. В случае применения пленочной одежды необходимо предусмотреть ее конструкцию такой, чтобы она допускала подачу воздуха непосредственно под костюм, нарукавники.

При использовании средств индивидуальной защиты следует обращать внимание на последовательность их надевания и снятия. Несоблюдение этого ведет к загрязнению рук, одежды, оборудования.

В соответствии со статьей 221 Трудового кодекса РФ работодатель обязан бесплатно по установленным нормам обеспечить средствами индивидуальной защиты работников, выполняющих работы во вредных и (или) опасных ус-

ловиях, особых температурных условиях или условиях, связанных с загрязнением [2].

Предприятия имеют право принимать решения по обеспечению работников СИЗ сверх установленного количества за счет собственных средств, включив эти решения в коллективные договоры. На каждого работника оформляется личная карточка выдачи СИЗ.

Безопасность работы с радиоактивными веществами и источниками излучения можно обеспечить, организовав систематический дозиметрический контроль за уровнями внешнего и внутреннего облучения обслуживающего персонала, а также за уровнем радиации в окружающей среде.

Дозиметрический контроль является одним из существенных факторов системы радиационной безопасности. Объем дозиметрического контроля зависит от характера работы с радиоактивными веществами.

Весь обслуживающий персонал, имеющий контакт с радиоактивными веществами, должен быть снабжен индивидуальными дозиметрами для контроля дозы гамма-излучения, получаемой каждым работником.

Коллективная защита предназначена для укрытия персонала в случае аварии или незапланированного выброса радиоактивных продуктов производства.

Основными средствами защиты являются стационарные и передвижные защитные экраны, контейнеры для транспортирования и хранения источников ионизирующих излучений, а также для сбора и транспортировки радиоактивных отходов, защитные сейфы и боксы и др.

Стационарные и передвижные защитные экраны предназначены для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины. Если работу с источниками ионизирующих излучений проводят в специальном помещении – рабочей камере, то экранами служат ее стены, пол и потолок, изготовленные из защитных материалов. Такие экраны носят название стационарных. Для устройства передвижных экранов используют различные щиты, поглощающие или ослабляющие излучение. Экраны изготавливают из различных ма-

териалов. Их толщина зависит от вида ионизирующего излучения, свойств защитного материала и необходимой кратности ослабления излучения.

Допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения на человека регламентируются СП 2.6.1.758-99 «Нормы радиационной безопасности – 99» (НРБ-99/2009).

Требования по защите людей от радиационного воздействия источников ионизирующего излучения определяются документом СП 2.6.1.799-99 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности – 99» (ОСПОРБ-99/2010) [9].

Применение средств защиты от ионизирующих лучений является ключевым фактором обеспечения радиационной безопасности. Правильное и своевременное использование различных средств защиты позволяет избежать пагубного воздействия ионизирующих излучений на организм человека.

Глава 3 Расчет защиты от ионизирующего излучения

3.1 Расчет коэффициентов ослабления защитных устройств

Медико-санитарная часть Ульяновского Института Гражданской авиации построена в 1984 году. На третьем этаже здания располагается рентгенологический кабинет, в котором выполняются исследования различной направленности. Со времен постройки здания наука шагнула далеко вперед и поэтому появилась необходимость расчета устройств защиты персонала и сотрудников, работающих поблизости, от воздействия рентген излучения. В кабинете установлен рентгенодиагностический аппарат КРТ «Электрон», представленный на рисунке 10.



Рисунок 10 – рентгенодиагностический аппарат КРТ «Электрон»

Помещение рентгенлаборатории снабжено системой пожарной и охранной сигнализации и оборудовано принудительной вентиляцией, обеспечивающей обмен воздуха.

Данное помещение с рентгеновским аппаратом представлено на рисунке 11.

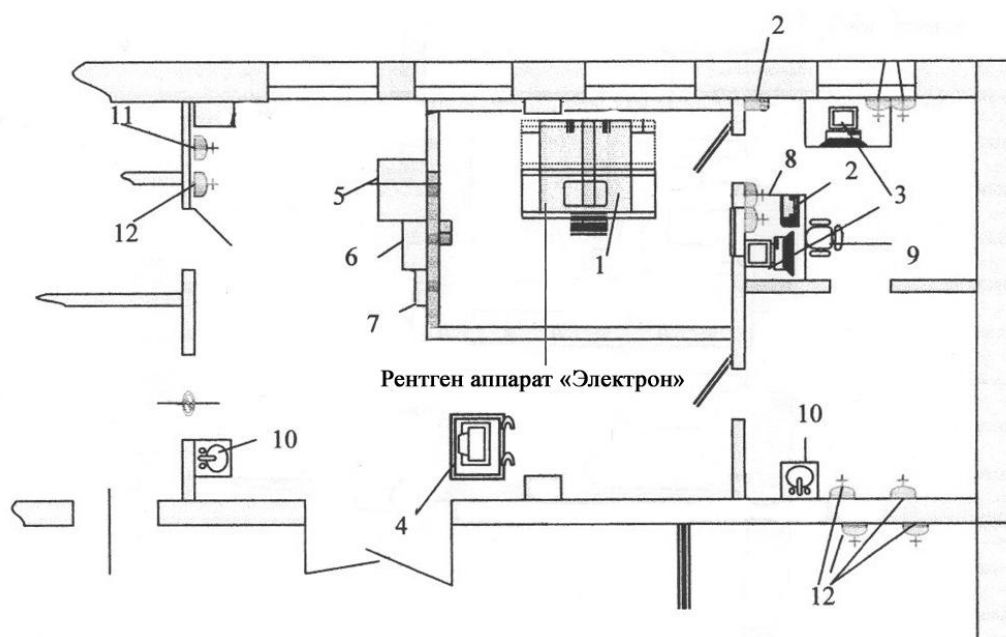


Рисунок 11 – Технологическое размещение комплекса рентгеновского аппарата «Электрон»

Спецификация оборудования представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Спецификация оборудования

№ позиции по плану	Наименование
1	Штатив аппарата
2	Пульт управление
3	ЖК монитор
4	Видеомонитор
5	Сервер
6	Шкаф управления
7	Генератор
8	Стол
9	Стул
10	Раковина
11	Розетка 2-хполюсная с заземляющим контактом для подключения стоматологического аппарата
12	Блок из двух розеток евростандарта

Радиационная безопасность персонала рентгенодиагностического кабинета обеспечивается конструктивным исполнением комплекса рентгеновского аппарата, а также индивидуальной защитой персонала и пациентов, используются средства, которые прописаны в СанПиН 2.6.1.1192-03 от 18.02.2003 г., а также в ОСПОРБ-99/2010 и НРБ-99 /2009. Наиболее эффективными средствами индивидуальной защиты являются одеваемые поверх одежды изделия, к которым относятся: защитный фартук односторонний или двусторонний, защитный во-

ротник (предохраняет от ионизирующего излучения шею и щитовидную железу), передник для защиты гонад или защитная юбка (используется для защиты репродуктивных органов и костей таза), защитная шапочка (для защиты области головы), защитные очки (используется для защиты глаз); защитные перчатки (закрывают кисту рук, запястья).

Одним из видов технических средств, предназначенных для защиты от ионизирующего излучения, служат специальные экраны и заграждения. Рассчитывая такое защитное ограждение, определяется его толщина и материал, которые зависят от типа излучения, энергии квантов и ослабления в материале. Источником рентгеновского излучения в современных рентгеновских аппаратах используются рентгеновские трубки.

Рентгеновская трубка рентгенодиагностического аппарата КРТ «Электрон» представлена на рисунке 11.

Принцип действия трубки: нагретый катод испускает электроны, электронный пучок, ускорившись и сфокусировавшись, попадает на мишень. При взаимодействии электронного пучка с материалом мишени, часть энергии пучка преобразуется в рентгеновское излучение, а оставшаяся энергия уходит на тепловое излучение. Основная характеристика рентгеновской трубки – радиационный выход. Радиационный выход – это мощность поглощенной дозы в воздухе, создаваемая на расстоянии 1 м от анода рентгеновской трубки при силе тока 1 мА.

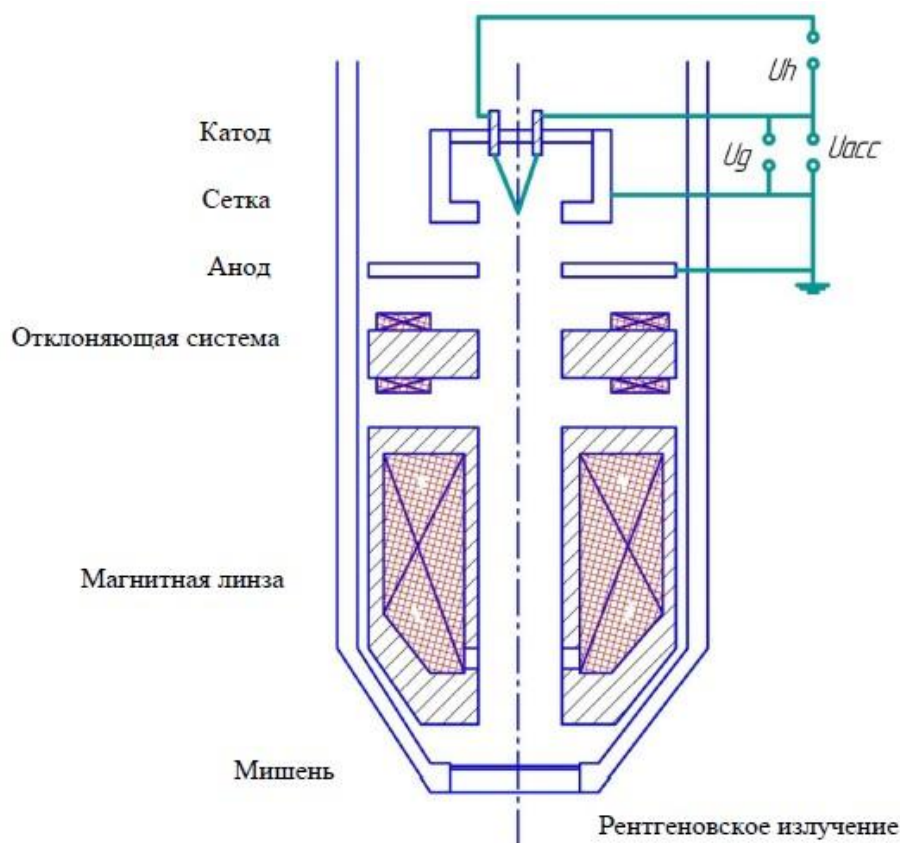


Рисунок 11 – Устройство рентгеновской трубки рентгенодиагностического аппарата КРТ «Электрон»

Прежде всего, величину радиационного выхода определяют напряжение трубки и фильтрация пучка излучения. Так же имеет место зависимость радиационного выхода от конструкции трубки, материала мишени. На графике представлена зависимость радиационного выхода рентгеновской трубки от ее напряжения. На рисунке 12 представлены зависимости радиационного выхода от напряжения.

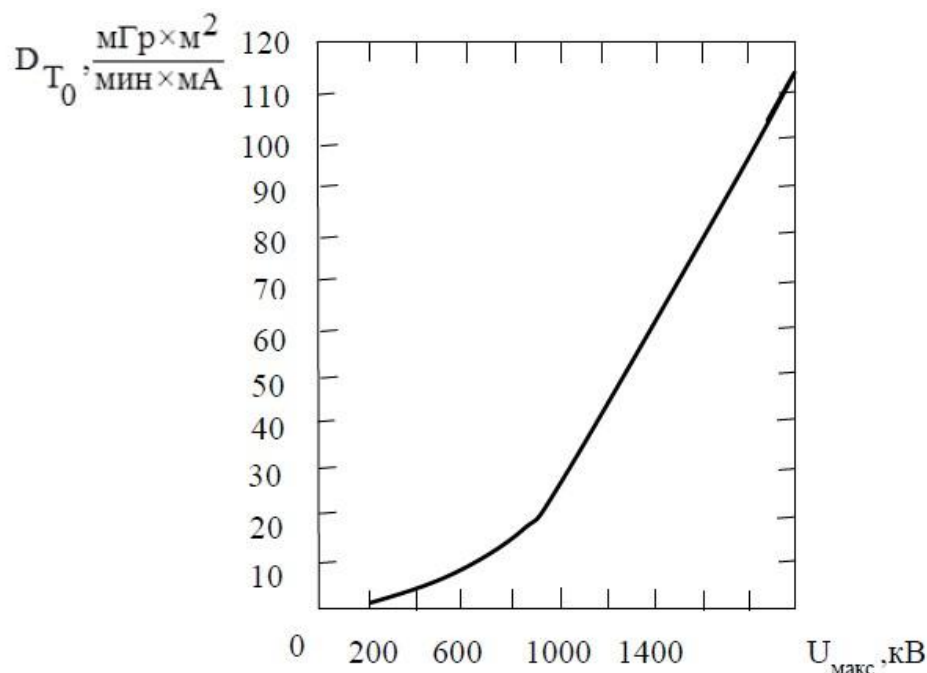


Рисунок 12 – Зависимость радиационного выхода от напряжения

Главным параметром номограмм, с помощью которого и определяется защита, является коэффициент:

$$k_1 = 2,5 \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2}, \quad (6)$$

где D_D – радиационный выход рентгеновской трубки, для которой определяется защита; D_{T_0} – радиационный выход стандартной рентгеновской трубки; m – отношение проектной предельно допустимой мощности эквивалентной дозы для помещений постоянного пребывания персонала категории А при 36 – часовой рабочей неделе; i – сила тока в рентгеновской трубке; R – расстояние от анода трубки до рабочего места;

В случае, если не известен выход рентгеновской трубки, подобрать величину выхода из следующего графика. На нем представлена зависимость радиационного выхода рентгеновского излучения с вольфрамовой мишенью и окном трубки из бериллия и фильтром из алюминия и меди. График представлен на рисунке 13.

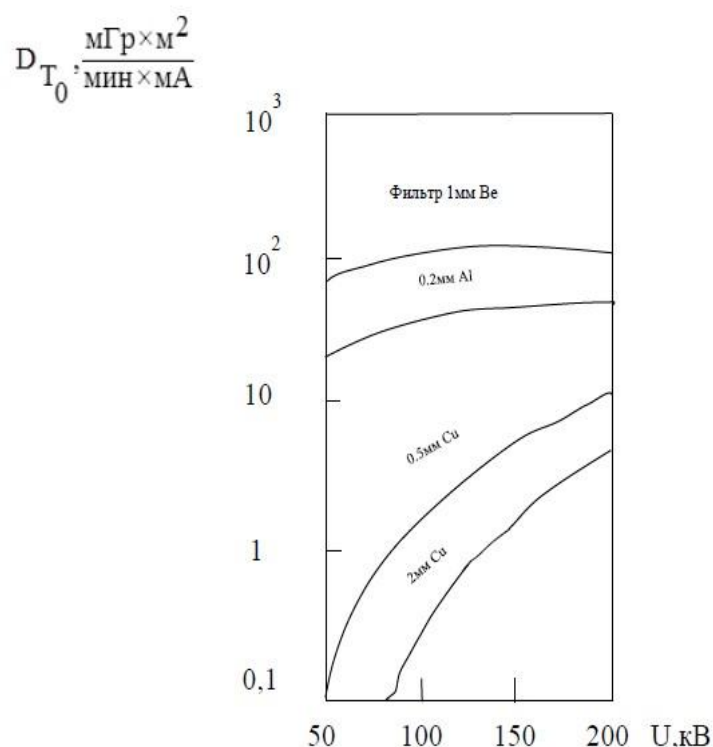


Рисунок 13 – Зависимость радиационного выхода от напряжения при различных материалах фильтров

Чем больше плотность вещества, тем больше степень ослабления излучения. Поэтому в качестве защитного экрана от ионизирующего излучения чаще всего используют свинец. На основании расчетных и экспериментальных данных были построены таблицы кратности ослабления, а также различные номограммы, позволяющие определять толщину стенки экрана от излучений различных энергий. После того, как рассчитан параметр номограмм, можно определить толщину защиты из свинца, для рентгеновской трубки определенного потенциала по следующей номограмме, представленной на рисунке 14.

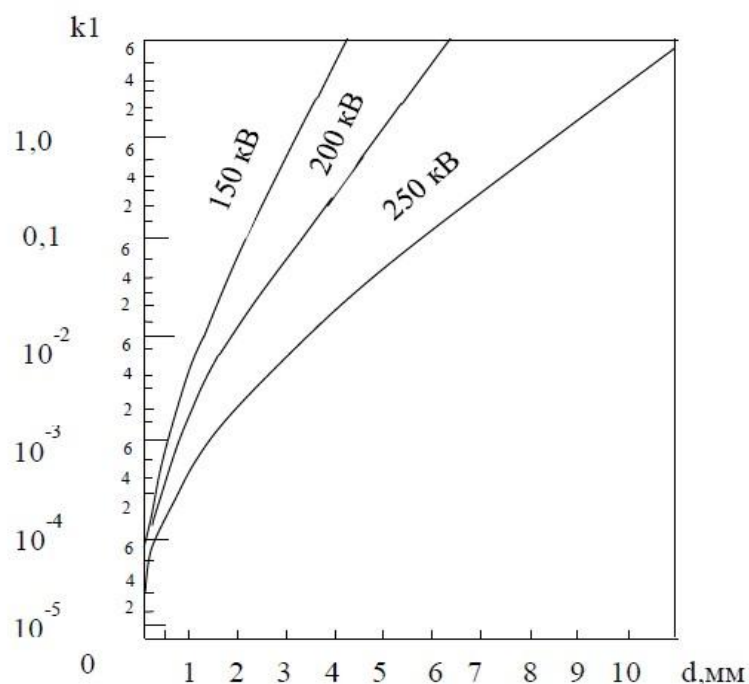


Рисунок 14 – Зависимость толщины защиты из свинца от коэффициента номограммы при заданном напряжении

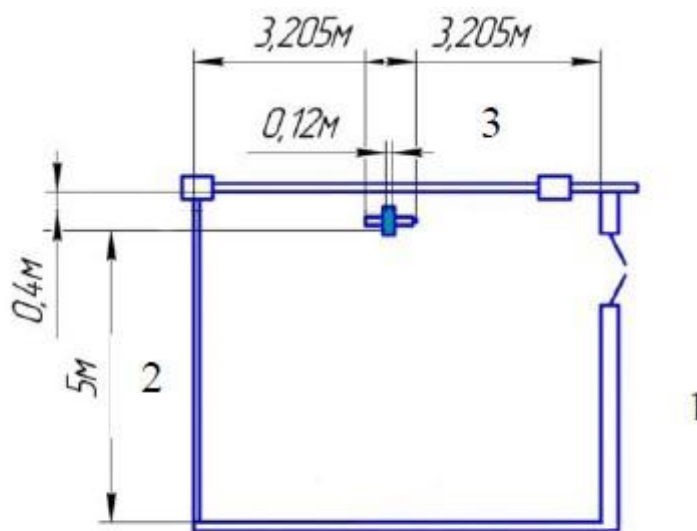
Используя расчетный метод, можно определить защиту из любого защитного материала, для любой рентгеновской трубки.

С помощью расчетного метода рассчитывается система защиты от ионизирующего излучения. В этой части квалификационной работы представлен пример использования данной методики и рассчитана свинцовая и бетонная защита.

Для защиты персонала от воздействия рентгеновского излучения требуется определить толщину защиты из свинца и бетона для рентгеновской установки, находящейся в рентгенологическом кабинете, представленном на рисунке 14, с максимальным напряжением $U=200\text{кВ}$ при токе на мишень $i=0.8\text{мА}$ при времени работы 36 ч. в неделю, радиационный выход трубки равен:

$$D_T = 16.1 \frac{\text{мГр} \times \text{м}^2}{\text{мин} \times \text{мА}}.$$

Данные, необходимые для расчета системы защиты от ионизирующего излучения, с описанием размерностей помещения, представлены на рисунке 15.



4

Рисунок 15 – Комната рентген лаборатории

Защиту требуется рассчитать со всех сторон рентгеновского устройства, стенки находятся на расстояниях:

- сторона 1 – 3.205м;
- сторона 2 – 3.205м;
- сторона 3 – 0.4м;
- сторона 4 – 5м;

Прежде всего, рассчитывается защита для свинца. Определяется параметры номограмм для каждого из направлений по формуле:

$$k_1 = 2.5 \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2}, \quad (7)$$

Учитывается тот факт, что направленное излучения будет происходить только в единственном направлении, для остальных направлений используется коэффициент направленного излучения, который равняется 0.05. Так же имеет место учет категории людей, пребывающих в пространстве, подверженном рентгеновскому просвечиванию в той или иной степени, и время пребывания в данном пространстве. Введен специальный коэффициент $k_{\text{преб}}$, он нужен для учета категории людей и времени пребывания в зоне рентгеновского просвечивания. Для того, чтобы сосчитать коэффициент номограммы, нужно найти та-

кую величину, как стандартный радиационный выход, который находится по специальной зависимости для данного напряжения $U=200\text{кВ}$. Зависимость представлена на рисунке 16:

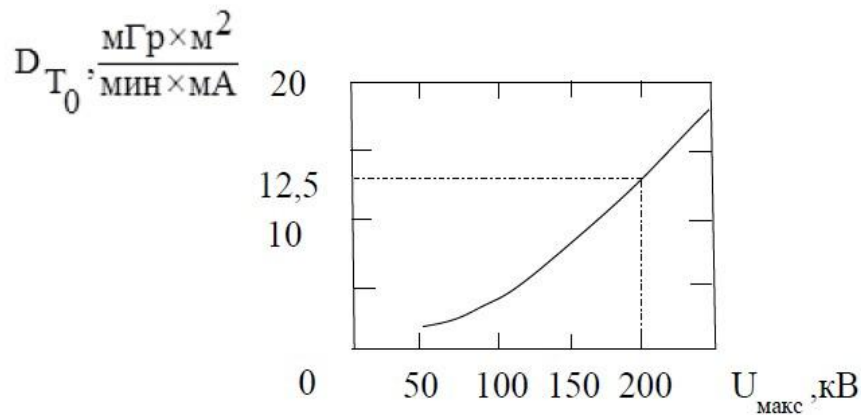


Рисунок 16 – Радиационный выход трубки в зависимости от напряжения трубки

Из зависимости видно, что при имеющемся напряжении,

$$D_{T_0} = 12.5 \frac{\text{мГр} \times \text{м}^2}{\text{мин} \times \text{мА}},$$

Рассчитывается коэффициент номограммы для направленного излучения:

$$k_1 = 2.5k_{\text{преб}} \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2} = 2.5 \times 4.3 \times \frac{16.1}{12.5} \times \frac{36}{36} \times \frac{0.8}{25} = 0.443,$$

Далее рассчитывается коэффициенты для рассеянного излучения:

$$k_2 = 2.5k_{\text{преб}} \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2} \times k_{\text{рас}} = 2.5 \times 1.2 \times \frac{16.1}{12.5} \times \frac{43}{36} \times \frac{0.8}{1.6} \times 0.05 = 0.115,$$

$$k_3 = 2.5k_{\text{преб}} \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2} \times k_{\text{рас}} = 2.5 \times 0.3 \times \frac{16.1}{12.5} \times \frac{43}{36} \times \frac{0.8}{10.272} \times 0.05 = 0.0449,$$

$$k_4 = 2.5k_{\text{преб}} \times \frac{D_T}{D_{T_0}} \times m \times \frac{i}{R^2} \times k_{\text{рас}} = 2.5 \times 4 \times \frac{16.1}{12.5} \times \frac{43}{36} \times \frac{0.8}{10.272} \times 0.05 = 0.0599,$$

С помощью полученных коэффициентов можно по номограмме, представленной на рисунке 17, оценить толщину защиты для свинца, необходимую для обеспечения радиационной безопасности в требуемом объеме:

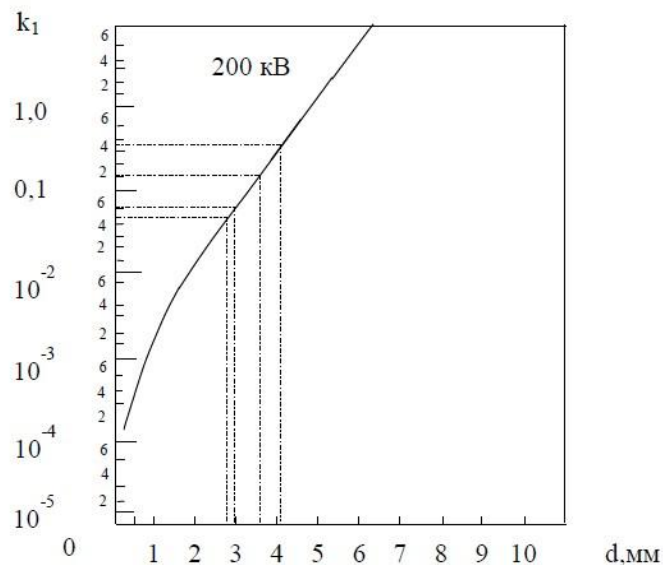


Рисунок 17 – Номограмма для расчета защиты из свинца от рентгеновского излучения

Из номограммы получены следующие результаты:

- при $k_1=0.443$, толщина защиты из свинца составила $d_{pb} = 4.1\text{мм}$
- при $k_2=0.115$, толщина защиты из свинца составила $d_{pb} = 3.6\text{мм}$
- при $k_3=0.0449$, толщина защиты из свинца составила $d_{pb} = 2.7\text{мм}$
- при $k_4=0.0599$, толщина защиты из свинца составила $d_{pb} = 2.8\text{мм}$

Для того, чтобы определить из полученных данных толщину защиты из бетона, необходимо использовать следующую номограмму:

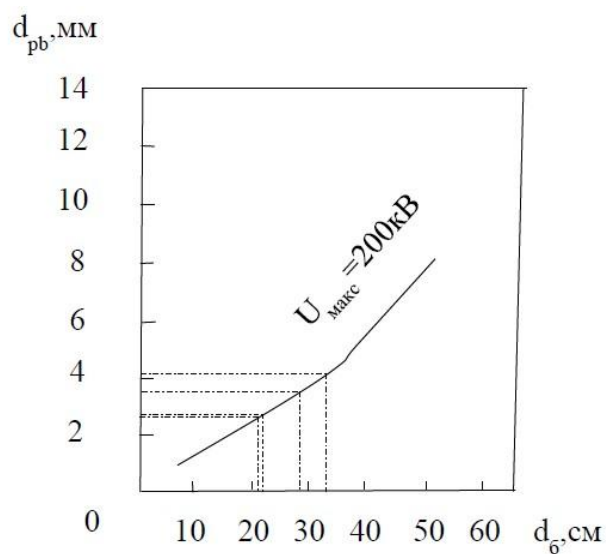


Рисунок 18 – Номограмма отношения эквивалентной толщины между свинцом и бетоном

При помощи данной зависимости выявлена толщина защиты из бетона для каждого из направлений излучения:

- при $k_1=0.443$, толщина защиты из бетона составила $d_{bet} = 34\text{см}$,
- при $k_2=0.115$, толщина защиты из бетона составила $d_{bet} = 28.5\text{см}$,
- при $k_3=0.0449$, толщина защиты из бетона составила $d_{bet} = 21\text{см}$,
- при $k_4=0.0599$, толщина защиты из бетона составила $d_{bet} = 21.5\text{см}$.

3.2 Результаты расчета защитных устройств

Для определения достаточной толщины материала защитных ограждений необходимо рассчитать кратность ослабления материалов использующихся

Эксперимент проводился с помощью комплекса рентгеновского аппарата «Электрон» и дозиметра.

Для того, чтобы найти кратность ослабления были сняты показания дозиметра при работе рентгенодиагностического аппарата КРТ «Электрон» при разных напряжениях на рентгеновской трубке. Данные, полученные в этой части эксперимента приведены в таблице 4:

Таблица 4 – Изменение дозы с увеличением напряжения

Напряжение. кВ	Зарегистрированная доза. мкЗв
40	4240
70	33600
100	56800
130	68000
200	74000

Далее необходимо произвести расчет кратности ослабления для свинца и бетона. Зная дозу, зарегистрированную без фильтрации и дозу, определенную прибором при использовании фильтров, была найдена кратность ослабления и построены соответствующие зависимости. В качестве примера используются зависимости исследования для трёх наиболее известных в защите от ионизирующего излучения материалов, а именно свинца и бетона. В таблицах представлены найденные кратности ослаблений для разных толщин материалов при экспериментальных напряжениях ($U=40 - 200\text{кВ}$).

Таблица 5 – Кратности ослабления свинца при разных толщинах материала

Напряжение, кВ	Кратность ослабления				
	Свинец				
	d=0,5 мм	d= 1мм	d= 1,5мм	d=2мм	d=2,5мм
40	14621	51707	54359	64242	66250
70	2168	9882	10500	15135	13827
100	316	1420	3688	5211	5410
130	158	613	1447	2537	2822
200	116	306	702	1305	1612

Таблица 6 – Кратности ослабления бетона при разных толщинах материала

Напряжение, кВ	Кратность ослабления		
	Бетон		
	d=60мм	d=120мм	d=180мм
40	19906	288435	385455
70	1120	8842	17143
100	264	1671	4336
130	133	667	2061
200	104	330	880

После обработки полученных в ходе вычисления данных, для того, чтобы наглядно наблюдать, на сколько, каждый из данных материалов эффективен в ослаблении рентгеновского излучения при различных напряжениях и толщинах фильтров, строятся диаграммы, изображенные на рисунках 19, 20.

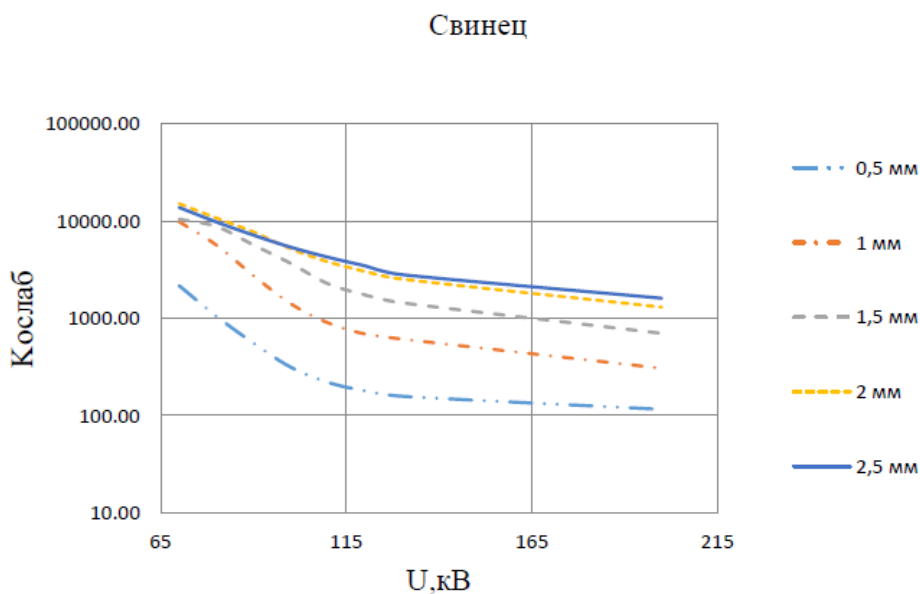


Рисунок 19 – Зависимость кратности ослабления свинца от напряжения

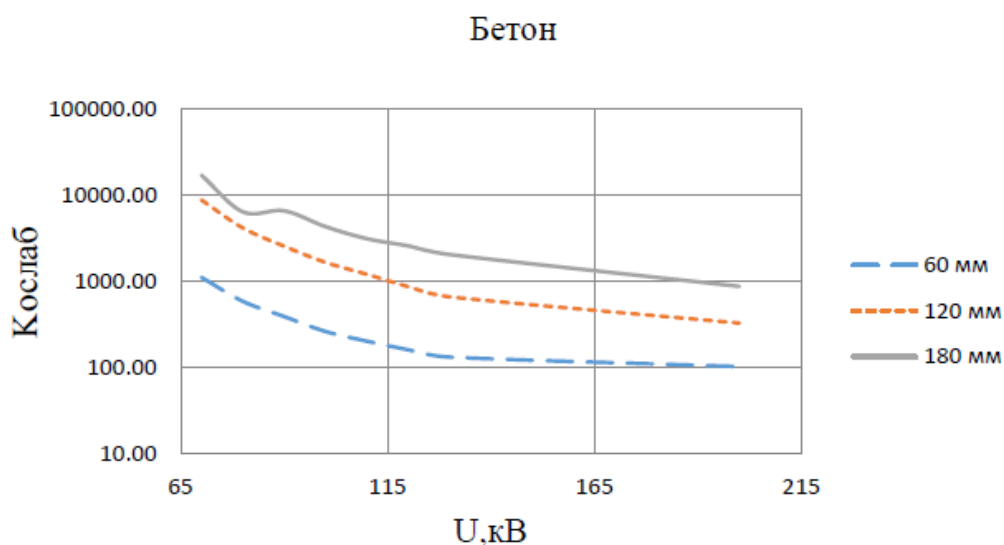


Рисунок 20 – Зависимость кратности ослабления бетона от напряжения

Из полученных характеристик видно, что с увеличением толщины фильтра, кратность ослабления излучения возрастает, а с ростом мощности излучения, уменьшается. Далее вычисляется допустимая доза излучения, которая не оказывает пагубного влияния на здоровье человека. В квалификационном проекте ведется разработка лаборатории неразрушающего контроля данному чертежу, представленному на рисунке 15.

На чертеже цифрами обозначены зоны, в которых с определенной периодичностью появляются люди. Защиту требуется рассчитать со всех сторон рентгеновского устройства, стенки находятся на расстояниях:

- сторона 1 – 3.205м;
- сторона 2 – 3.205м;
- сторона 3 – 0.4м;
- сторона 4 – 5м;

Исходя из имеющихся расстояний до исследуемых объектов, эпизодичности посещения помещений, прилегающих к лаборатории и класса лиц, находящихся в данных помещениях, находятся соответствующие нормы СанПин, представленные в таблице 7:

Таблица 7 – Пределы дозы для соседних помещений

№ стороны	Норма по СанПин. мЗв/ч
1	0,013
2	0.02
3	0.0014
4	0.005

Учитывая найденные предельные нормы дозы, вычисляется величина, на которую нужно ослабить излучение без использования фильтрации (кратности ослабления), для того, чтобы доза соответствовала норме. Для этого оценивается, какой будет величина дозы на использующихся в расчетах расстояниях. Оценка производится с помощью метода «обратных квадратов», который гласит: «значение некоторой физической величины в данной точке обратно пропорционально квадрату расстояния от источника поля, которое характеризует эта физическая величина». Зная расстояние до объектов, исследуемых в лаборатории, вычисляется доза для каждого из направлений излучения. Результаты использования метода приведены в таблице 8:

Таблица 8 – Мощность дозы, полученные объектами на исследуемых расстояниях

Направление излучения	Расстояние до объекта, м	Доза, мЗв/ч
Сторона 1	3,205	40,528
Сторона 2	3.205	40,528
Сторона 3	0,4	80,184
Сторона 4	5	16,648

Далее необходимо вычислить кратность ослабления, которая необходима для приведения полученной дозы к нормативам СанПина. Результаты вычисления приведены в таблице 9:

Таблица 9 – Требуемая кратность ослабления для каждого из направлений

Направление	Кратность ослабления
1	156
2	106
3	9923
4	3330

Для полноценного анализа и вычисления толщины материала, необходимой для защиты была построена зависимость, по которой можно осуществить расчет толщины требуемого материала. Рассчитанные коэффициенты ослабления излучения свинцом и бетоном при различных напряжениях, подаваемых на трубку для различной толщины фильтра приведены в таблице 10.

Для каждого из материалов по данным таблицы 13 были построены кривые, с помощью которых, зная требуемую кратность ослабления, можно найти толщину фильтра требуемого материала. Зависимости приведены для двух напряжений $U=200\text{кВ}$, $U=130\text{кВ}$. Данные зависимости представлены на рисунках 21 и 22.

Таблица 10 – Зависимость кратности ослабления от толщины фильтра

Свинец		
	200 кВ	130 кВ
d, мм	Косл	Косл
0.5	115,75	289
1	306.43	766
1.5	1801	4503
2	6147	15368
2.5	13598	33995
3	25076	62690
3.5	48396	120990
4	96770	241925

Таблица 11 – Зависимость кратности ослабления от толщины фильтра

Бетон		
	200 кВ	130 кВ
d, мм	Косл	Косл
60	103,53	133.33
120	329.92	666.67
180	880.17	2060.61

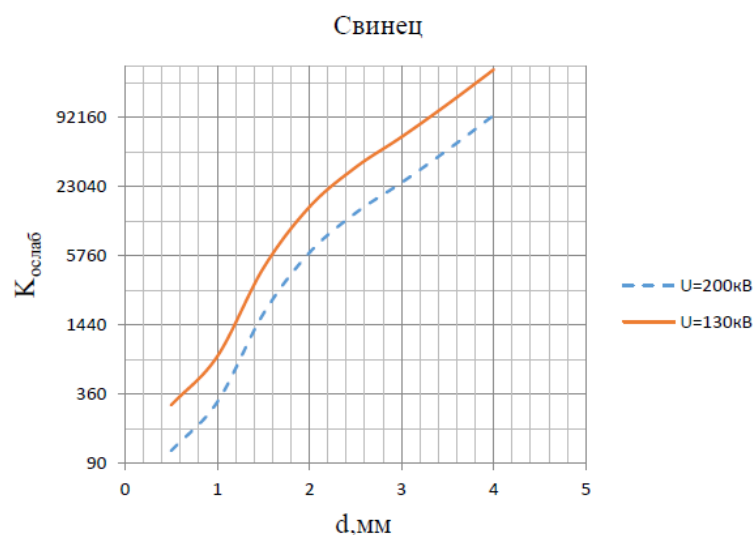


Рисунок 21 – Зависимость кратности ослабления от толщины фильтра из стали

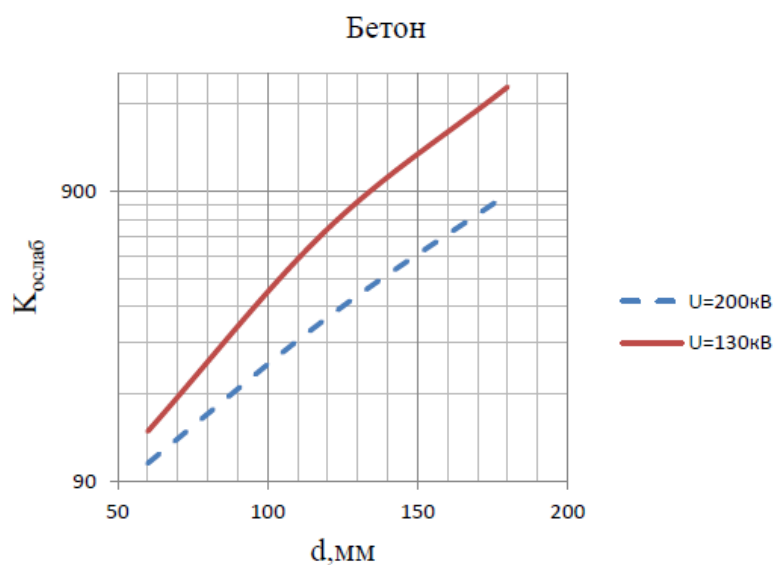


Рисунок 22 – Зависимость кратности ослабления от толщины фильтра из бетона

В экспериментальной части выпускной квалификационной работы был произведен расчет толщины защитных ограждений рентгенодиагностической лаборатории. По ним видно, что установленные ранее средства защиты удовлетворяют требованиям безопасности и не требуют замены.

Заключение

На современном этапе развития технологий, использование источников ионизирующих излучений, несмотря на свое пагубное действие на живые организмы, принимает широкое распространение в различные сферы экономики и быта.

Для выполнения поставленной цели в выпускной квалификационной работе, был произведен расчет средств защиты работников рентгенологического кабинета медико-санитарной части Ульяновского Института Гражданской авиации. В рамках первой главы была дана общая характеристика ионизирующих излучений, были разобраны методы их нормирования и контроля, был сделан вывод о том, что для снижения уровней негативного воздействия на организм человека, требуется своевременное исполнение законов и нормативно-правовых актов на всех уровнях взаимодействия с источниками ионизирующего излучения. Важным фактором является соблюдение правил безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений, а также своевременное и правильное применение средств защиты от них.

Расчеты показали, что использующиеся в кабинете защитные устройства удовлетворяют требованиям безопасности и уровень воздействия ионизирующих излучений не превышает установленные показатели, тем самым не оказывает негативного воздействия на здоровье сотрудников лаборатории.

Список использованных источников

1. Конституция Российской Федерации.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации: от 30.12.2001 № 197-ФЗ (в ред. от 05.02.2018).
3. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон РФ от 09.01.1996 № 3-ФЗ (в ред. от 19.07.2011).
4. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный Закон РФ от 30.03.99 г. №52-ФЗ (в ред. от 18.04.2018).
5. О техническом регулировании: Федеральный закон РФ от 27.12.2002 № 184-ФЗ (в ред. от 29.07.2017).
6. Об охране окружающей среды: Федеральный закон РФ от 10.01.2002 N 7-ФЗ (в ред. от 31.12.2017).
7. Положение о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору: Постановление Правительства РФ от 30.07.2004 № 401 (в ред. от 17.06.17).
8. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40 (в ред. от 16.09.2013) «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10», ОСПОРБ-99/2010, «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности».
9. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40 (в ред. от 16.09.2013) «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)».
10. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 № 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09», НРБ-99/2009. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы.
11. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 18.02.2003 № 8 «О введении в действие СанПиН 2.6.1.1192-03». Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройст-

ву и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований.

12. Требования к помещениям для установки, пусконаладки и ввода в эксплуатацию оборудования: методы и рекомендации / сост. Мурзов, А.И. – Санкт-Петербург: ЗАО НИПК «Электрон», 2014. – 73 с.

13. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения: учебник для бакалавриата и магистратуры – 2-е издание / сост. Бекман И.Н. – Москва: Издательство Юрайт, 2017. – 398 с.

14. Надзор и контроль в сфере безопасности. Радиационная защита: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры – 4-е издание / Беспалов В.И. – Москва: Издательство Юрайт, 2016. – 507 с.

15. Справочник по радиационной безопасности – 4-е издание / Козлов В.Ф. – Москва: Энергоатомиздат 2005 – 352 с.

Выпускная квалификационная работа выполнена мной самостоятельно.

Использованные в работе материалы из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в одном экземпляре.

Список источников содержит 15 наименований.

(подпись)

Ф.И.О.

«__» _____ 20__ г.

Заявление о самостоятельном характере выпускной квалификационной работы

Я, Саитбурханов Альберт Филаритович, курсант 4 курса направления 20.03.01 Техносферная безопасность, заявляю, что в моей выпускной квалификационной работе на тему «Организационно-технические условия защиты работников от ионизирующих излучений», представленной в государственную аттестационную комиссию для публичной защиты, не содержится элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также ранее защищенных выпускных квалификационных работ, кандидатских диссертаций, имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлен с действующим в институте Положением «О контроле самостоятельности выполнения выпускных квалификационных работ с использованием системы «Плагиата.НЕТ», в соответствии с которым обнаружение плагиата является основанием для недопуска выпускной квалификационной работы к публичной защите и применения дисциплинарных взысканий вплоть до отчисления из института.

Подпись

Дата