

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 615.47-046.55

Каленик
Андрей Александрович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-59 81 01 Управление безопасностью производственных
процессов

_____ А.А. Каленик

Научный руководитель

Анатолий Григорьевич Давыдовский

кандидат биологических наук, доцент

Минск 2015

ВВЕДЕНИЕ

Рентгеновское излучение — электромагнитные волны, энергия фотонов которых определяется диапазоном энергией от ультрафиолетовых до гамма-излучений, что соответствует интервалу с широким диапазоном длин волн (от $8 \cdot 10^{-6}$ до 10^{-12} см).

Причиной применения рентгеновского излучения в различных сферах послужила его высокая проникающая способность. Как и видимый свет, рентгеновское излучение вызывает почернение фотопленки. Это его свойство имеет важное значение для медицины, промышленности и научных исследований. Проходя сквозь исследуемый объект и падая затем на фотопленку, рентгеновское излучение изображает на ней его внутреннюю структуру. Поскольку проникающая способность рентгеновского излучения различна для разных материалов, менее прозрачные для него части объекта дают более светлые участки на фотоснимке, чем те, через которые излучение проникает хорошо. Так, костные ткани менее прозрачны для рентгеновского излучения, чем ткани, из которых состоит кожа и внутренние органы. Поэтому на рентгенограмме кости обозначатся как более светлые участки и более прозрачное для излучения место перелома может быть достаточно легко обнаружено. Рентгеновская съемка используется также в стоматологии для обнаружения кариеса и абсцессов в корнях зубов, а также в промышленности для обнаружения трещин в литье, пластмассах и резинах.

Рентгеновское излучение используется в химии для анализа соединений и в физике для исследования структуры кристаллов. Пучок рентгеновского излучения, проходя через химическое соединение, вызывает характерное вторичное излучение, спектроскопический анализ которого позволяет химику установить состав соединения. При падении на кристаллическое вещество пучок рентгеновских лучей рассеивается атомами кристалла, давая четкую правильную картину пятен и полос на фотопластинке, позволяющую установить внутреннюю структуру кристалла.

Большая проникающая способность и энергия рентгеновских лучей делают их довольно опасными для организма человека. Поэтому при работе с рентгеновскими аппаратами необходима защита пациентов и персонала от прямого и косвенного облучения лучами.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Основной целью данной магистерской диссертации является разработка рекомендаций по повышению защиты от рентгеновского излучения. В первой главе рассмотрено такое явление, как рентгеновское излучение. Описаны его основные свойства, из-за которых оно получило такое широкое применение в различных отраслях. На примере высоковольтной рентгеновской трубки рассмотрены способы получения рентгеновских лучей.

Рентгеновское излучение применяют в рентгеноструктурном анализе, медицине, дефектоскопии, рентгеновском спектральном анализе. В сканерах багажа в аэропортах посредством рентгеновских лучей проверяет багаж изнутри на угрозы безопасности перед загрузкой в самолет. В сканерах на пограничных контрольно-пропускных пунктах рентгеновские лучи помогают проверить внутренние части грузовиков.

Так как работа с рентгеновским излучением без надлежащей защиты вредна для здоровья, то во второй главе приведены основные методы и средства защиты от него. Рассмотрены основные нормы и требования к помещениям, где проводятся диагностические и исследования. Наличие большинства из средств защиты в рентгенодиагностическом кабинете и основные их защитные свойства нормируются "Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.6.1.13-34-2006", введенными в действие 23 ноября 2006 г., а также ОСПОРБ-2002 и НРБ-2000. Данные правила распространяются на проектирование, строительство, реконструкцию и эксплуатацию рентгеновских кабинетов независимо от их ведомственной принадлежности и формы собственности, а также на разработку и производство рентгеновского медицинского оборудования и защитных средств.

В третьей главе на основании проведенных исследований разработаны рекомендации направленные на повышение эффективности защиты от рентгеновского излучения. К ним относятся:

- оптимизация дозовых нагрузок;
- использование современных строительных материалов при отделке рентгенографических кабинетов, обладающих повышенным поглощающим свойством рентгеновского излучения;
- изготовление защитных элементов рентгеновских аппаратов, защитной одежды персонала и пациентов из материалов у которых кратность ослабления рентгеновского излучения больше, чем у просвинцованной резины;
- применение новых рентгенозащитных конструкций.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Естественными источниками рентгеновского излучения являются некоторые радиоактивные изотопы (например, ^{55}Fe). Искусственными источниками мощного рентгеновского излучения являются рентгеновские трубки, линейные ускорители и бетатроны.

Рентгеновское излучение образуется двумя путями. Первый — в результате торможения быстро движущихся электронов в веществе, так называемое "тормозное" излучение, второй — в результате изменения энергетического состояния атомов вещества, так называемое "характеристическое" излучение. Физику явлений можно показать на примере работы рентгеновской трубки, как специального электровакуумного высоковольтного прибора, предназначенного для генерирования рентгеновского излучения.

Рентгеновское излучение, используемое в лучевой диагностике, отличается от излучения светового спектра (видимого света) длиной волны и соответственно частотой. Поэтому наряду со свойствами, присущими обычному свету, оно обладает рядом специфических свойств. Основными из них являются:

- проникающая способность;
- фотохимический эффект;
- способность вызывать флюоресценцию некоторых веществ;
- ионизирующая способность;
- биологическое действие.

Проникающая способность, то есть способность проходить сквозь предметы, непроницаемые для лучей видимого света, — основное свойство рентгеновского излучения, на котором базируется рентгенодиагностика.

Фотохимический эффект заключается в способности рентгеновского излучения индуцировать различные химические реакции.

Способность вызывать флюоресценцию некоторых веществ — исторически первое открытое свойство рентгеновского излучения. Суть его состоит в том, что при воздействии рентгеновских лучей на определенные вещества возникает их флюоресценция, или свечение. При этом энергия рентгеновского излучения переходит в энергию видимого света.

Ионизирующая способность рентгеновского излучения заключается в ионизации, при разложении нейтральных молекул под его воздействием на положительный и отрицательный ионы, составляющие ионную пару.

Биологическое действие — наиболее поздно открытое свойство рентгеновского излучения, заключающееся в его воздействии на биологические объекты, и в частности организм человека. Большей частью оно обусловлено

ионизацией биологически значимых структур (ДНК, РНК, молекул белков, аминокислот, воды и т.д.), что ведет к их повреждению и в целом к неблагоприятным последствиям на уровне макроорганизма. Это создает необходимость использовать меры защиты от рентгеновского излучения.

Рентгеновские лучи нашли себе много очень важных практических применений. Причиной применения рентгеновского излучения в диагностике послужила их высокая проникающая способность.

В медицинской практике используют следующие методы рентгенодиагностики:

- рентгеноскопия;
- флюорография;
- ангиография;
- рентгенография;
- компьютерная рентгеновская томография.

Результатом продолжительного воздействия рентгеновского излучения на человеческое тело являются обнаруживаемые лишь в последствии ожоги кожи, изменения в составе крови и повреждения внутренних органов. Поэтому при работе с рентгеновскими аппаратами необходима защита персонала от прямого и косвенного облучения рентгеновскими лучами.

Все работники радиологических отделений и кабинетов, лица, находящиеся в смежных помещениях, а также пациенты, подвергающиеся исследованию или лечению, должны быть надежно защищены от вредного действия излучений. Защитой называется совокупность устройств и мероприятий, предназначенных для снижения физической дозы излучения, воздействующей на человека, ниже предельно допустимой дозы.

Защита от вредного действия рентгеновского излучения сводится к ослаблению интенсивности излучения трубки до указанного значения путем увеличения расстояния от фокуса трубки, а также помещением между трубкой и защищаемым объектом поглощающих экранов (стенок). Для уменьшения рассеянного излучения защиту размещают возможно ближе к рентгеновской трубке.

Однако, так как вторичное рассеянное излучение всегда неизбежно возникает при попадании первичного излучения на облучаемый (исследуемый) объект и на окружающие предметы, то кроме защиты от первичных лучей необходима защита и от вторичного рассеянного излучения.

Кроме свинца в качестве защитных материалов используется свинцовое стекло, просвинцованная резина, железо (сталь) и строительные материалы: кирпич, бетон, баритобетон, а иногда и вода.

Основными устройствами защиты от вредного для здоровья рентгеновского излучения являются стационарные и нестационарные. Стационарные — стены,

перекрытия, защитные двери, смотровые окна, стенки для местной защиты обеспечивают защиту от прямого и рассеянного излучения. Исходя из мощности рентгеновских установок и активности радиоактивных веществ, рассчитывают толщину всех защитных устройств. В частности, для изготовления стен применяют кирпич, бетон, баритобетон, баритовую штукатурку. Барит содержит барий и поэтому в значительной степени поглощает ионизирующее излучение. Двери в радиологические кабинеты обивают листовым свинцом или делают из металла. В смотровые окна вставляют просвинцованное стекло значительной толщины.

Нестационарными устройствами называют перемещаемые приспособления, предназначенные для защиты персонала и больных, находящихся в тех же помещениях, где расположены источники излучений.

К числу нестационарных устройств принадлежат различные ширмы. Они изготавливаются из материала, поглощающего излучение, и устанавливаются в радиологических кабинетах таким образом, чтобы предохранить работников и больных от действия излучения.

В последние несколько лет традиционная рентгенология переживает своеобразный «цифровой» бум — внедрение современных цифровых технологий в повседневную, рутинную практику рентгеновской диагностики. Это приводит к существенному снижению лучевой нагрузки на пациентов и обслуживающий персонал.

Исходя из предъявляемых требований к рентгенологическим кабинетам, изложенных в "Санитарных правилах и нормах СанПиН 2.6.1.13-34-2006", следует особое внимание уделить созданию экранирующих полов и штукатурной отделке стен и потолков. Для этого используются материалы, обладающие поглощающим свойством рентгеновского излучения.

В ходе серьёзных исследовательских работ была разработана магниезиальная баритовая смесь. Сравнение свинцовых эквивалентов баритобетона и магниезиальных баритовых материалов показывает значительные преимущества (двукратное уменьшение толщины защиты) магниезиальных баритовых материалов по сравнению с традиционным баритобетоном при использовании этих материалов для защиты от нейтронного потока средних и низких энергий (75 кВ).

Также был разработан защитный материал на основе каучуковой смеси оксидов висмута и редкоземельных элементов. Применение такого защитного материала существенно повысит характеристики защитных элементов рентгеновских аппаратов, защитной одежды персонала и пациентов медицинских рентгеновских кабинетов. Так, кратность ослабления рентгеновского излучения предлагаемым материалом при толщине 1,7 мм на

15,34%, а гамма-излучения с энергией 59,5 кэВ на 39,54% выше, чем у прототипа.

На сегодняшний день ведутся активные разработки по совершенствованию конструкции «Пульмоскана». Целью разработки является повышение защиты персонала от рентгеновского излучения. Итогом работы стала цифровая рентгенографическая кабина. Она предназначена для стационарного размещения в лечебно-профилактических учреждениях.

Лабораторные испытания по радиационной безопасности показали, что разработанная рентгенозащитная конструкция полностью удовлетворяет нормам, которые изложены в ОСП-2002. Более того, результаты показали, что использование рентгенозащитной кабины лучше защищает персонал от излучения, чем действующая технология по созданию экранирующих полов и штукатурной отделке стен и потолков на 24%. Применение кабины «Пульмоскан» также целесообразно из экономических соображений, так как не требуется отделки целого рентгенографического кабинета.

На основе проведенного исследования были выработаны конкретные рекомендации по методам повышения эффективности защиты от рентгеновского излучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения магистерской диссертации была поставлена цель — выработка рекомендаций по применению мер, направленных на повышение защиты от рентгеновского излучения. Для достижения этой цели были проработаны следующие задачи:

- характеристика рентгеновского излучения и его свойств;
- выявление сфер применения рентгеновского излучения;
- исследование мер предосторожности и средств защиты от рентгеновского излучения;
- разработка рентгенозащитных рекомендаций.

Таким образом, рентгеновское излучение обладает следующими свойствами:

- проникающая способность;
- фотохимический эффект;
- способность вызывать флюоресценцию некоторых веществ;
- ионизирующая способность;
- биологическое действие.

Рентгеновское излучение применяют в рентгеноструктурном анализе, медицине, дефектоскопии, рентгеновском спектральном анализе. В сканерах багажа в аэропортах посредством рентгеновских лучей проверяет багаж изнутри на угрозы безопасности перед загрузкой в самолет. В сканерах на пограничных контрольно-пропускных пунктах рентгеновские лучи помогают проверить внутренние части грузовиков.

В настоящее время для защиты от рентгеновского излучения при использовании его в целях медицинской диагностики сформировался комплекс защитных средств, которые можно разделить на следующие группы:

- средства защиты от прямого неиспользуемого излучения;
- средства индивидуальной защиты персонала;
- средства индивидуальной защиты пациента;
- средства коллективной защиты, которые, в свою очередь, делятся на стационарные и передвижные.

В процессе исследования путей повышения защиты от рентгеновского излучения можно выявить следующие меры:

- оптимизация дозовых нагрузок;
- использование современных строительных материалов при отделке рентгенографических кабинетов, обладающих повышенным поглощающим свойством рентгеновского излучения;

- изготовление защитных элементов рентгеновских аппаратов, защитной одежды персонала и пациентов из материалов у которых кратность ослабления рентгеновского излучения больше, чем у просвинцованной резины;
- применение новых рентгенозащитных конструкций.

На основе проведенного исследования были выработаны конкретные рекомендации по методам повышения эффективности защиты от рентгеновского излучения. Таким образом, данная работа может быть применена в практической деятельности, так как она отображает необходимые требования по существенному снижению лучевой нагрузки на пациентов и обслуживающий персонал.

Библиотека БГУИР