

Защита от гамма-излучения на основе силиконовых материалов с вольфрамовым наполнителем

Показана возможность простого изготовления гамма-защиты заданной формы. Приведены результаты измерений ослабляющей способности защиты в зависимости от разных соотношений материала наполнителя.

К. В. Ярощик

ООО «Радметрон» г. Минск, респ. Беларусь

В настоящее время ионизирующее излучение широко применяется не только на ядерно-энергетических объектах, но и во многих производственных процессах, а также в медицине. Безусловно, все это требует решения задач по обеспечению безопасности рабочего и обслуживающего персонала, а также населения, строгого выполнения требований Норм радиационной безопасности.

Экранирование источника ионизирующего излучения является одним из основных методов радиационной защиты. Использование защитных экранов в настоящее время ограничено небольшим выбором материалов, часто не слишком удобных в использовании. В частности, порой вызывает проблемы установка и снятие таких экранов, а также изготовление защиты сложных форм и переменных сечений. Изготавливают ее обычно из материалов с большим атомным номером и высокой плотностью (железо, свинец, вольфрам и т. д.). Среди традиционных защитных материалов наиболее эффективны свинец и вольфрам [1]. Следует отметить, что свинец и большинство

Ключевые слова:

экранирование источника ионизирующего излучения, вольфрам, кратность ослабления, детали сложных форм и переменных сечений.

его соединений сильно токсичны. При остром отравлении наступают боли в животе и суставах, судороги, обмороки. Свинец может накапливаться в костях, вызывая их постепенное разрушение, концентрируется в печени и почках [2]. Вольфрам более привлекателен для использования с точки зрения токсикологии, поскольку относится к третьему классу опасности (слабо опасный) [3]. Целью данной работы является исследование композитного радиационно-защитного материала с вольфрамовым наполнителем и определение возможности применения его для экранировки гамма-излучения.

Для проведения экспериментальных исследований использовались: установка дозиметрическая гамма-излучения автоматизированная УДГА-РМ9100, дозиметр индивидуальный рентгеновского и гамма-излучений ДКГ-РМ1611, а также дозиметр ДКС-АТ1123.

Установка РМ9100 предназначена для проверки, калибровки, градуировки и испытаний в коллимированном пучке гамма-излучения (создаваемого эталонными источниками ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co и других) средств измерений экспозиционной дозы и мощности экспозиционной дозы, кермы и мощности кермы в воздухе, AMBIENTНОГО эквивалента дозы и мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы, индивидуального эквивалента дозы и мощности индивидуально эквивалента дозы.



Рис.1.
Порошок вольфрама в форме.



Рис.2.
Образец свинца.

В качестве защитного материала был взят металлический вольфрам в виде порошка (ТУ 48-19-417-86). Он выпускается под различными марками, среди которых ПВТ, ПВВ, ПВН, ПВЧ. Дисперсность вольфрамовых порошков характеризуется средним диаметром частиц по Фишеру. Исходя из проведенного анализа, для работы был выбран порошок марки ПВТ с содержанием W 99,68% и со средним диаметром зерна по Фишеру 5,70–6,70 мкм.

Для сравнения коэффициентов ослабления порошка вольфрама и свинца была изготовлена форма толщиной 1,3 см, в которую засыпался порошок вольфрама (рис.1), и образец свинца (рис.2) такой же толщины. Облучение проводилось источниками ^{137}Cs и ^{60}Co .

При расчете защиты от гамма-излучения удобно применять величину, называемую кратностью ослабления излучения. Кратность ослабления – это отношение дозовой величины без защитного экрана H_0 к дозовой величине H_n в том же месте с экраном [4]:

$$H_n(d) = H_0 \exp(-\mu d),$$

где μ – линейный коэффициент ослабления в веществе, d – толщина ослабителя (защитного экрана).

Измерения, проведенные дозиметром ДКС-АТ1123, показали, что кратность ослабления для источника ^{137}Cs составила 4,11 для свинцового экрана и 2,51 для экрана из вольфрамового порошка. Отсюда получаем:

$e^{-\mu_{Pb} \cdot l,3} = 4,11$, откуда $\mu_{Pb} = 1,0873$ (со свинцовым экраном) и

$e^{-\mu_W \cdot l,3} = 2,51$, откуда $\mu_W = 0,708$ (с экраном из порошка вольфрама).

$\mu_{Pb}/\mu_W = 1,536$, т. е. для одинакового ослабления толщина экрана из вольфрамового порошка должна быть в 1,54 раза больше, чем экрана из свинца.

Аналогично для источника ^{60}Co кратность ослабления составила 2,13 для свинцового экрана и 1,78 для экрана из вольфрамового порошка.

Отсюда находим коэффициенты ослабления (μ):

$e^{-\mu_{Pb} \cdot l,3} = 2,13$, откуда $\mu_{Pb} = 0,5817$ (со свинцовым экраном) и

$e^{-\mu_W \cdot l,3} = 1,78$, откуда $\mu_W = 0,4445$ (с экраном из порошка вольфрама).

$\mu_{Pb}/\mu_W = 1,309$, т. е. для одинакового ослабления толщина защиты из вольфрамового порошка должна быть в 1,31 раза больше, чем защиты из свинца.

Дальнейшие измерения проводились только для источника ^{137}Cs , так как разница в кратности ослабления излучения между порошком вольфрама и свинцом для источника ^{137}Cs больше, чем для источника ^{60}Co .

Защита, представленная для исследования, состояла из силикона и порошка вольфрама, описанного выше. Силикон для форм на платиновом катализаторе серии 1500 является двухкомпонентным материалом, состоящим

из основы, которая при смешении с отверждающим агентом отверждается в эластичный суперпрочный материал для форм и характеризуется исключительно низкой усадкой и способностью стойко переносить воздействия различных органических и неорганических факторов.

Для исследования были подготовлены два образца, отличающихся по отношению вольфрама/силикон. Образец №1 (рис.3) имел соотношение по объему 50%/50%, после затвердевания получилась гомогенная структура, способная сжиматься на 20–25%, при этом сохраняя целостность. Образец №2 (рис.4) имел соотношение по объему 65%/35% (вольфрам/силикон), после затвердевания получилась гомогенная структура, способная сжиматься на 3–5%, при этом сохраняя целостность. Оба образца имеют толщину 9 мм. Однородность контролировалась визуально при разрезе в нескольких плоскостях.

Исследования проводились на установке УДГА-PM9100 с использованием источников ^{137}Cs , типа ИГИ-Ц. Измерения для двух полей разной мощности производились прибором PM1611, результаты представлены в табл.1.

Из данных в табл.1 можно сделать вывод о защитных свойствах образцов. Для наглядности сравним их с защитными свойствами свинцовых экранов. Для теоретического расчета используем методику, применяемую для расчетов при проектировании защиты, опреде-

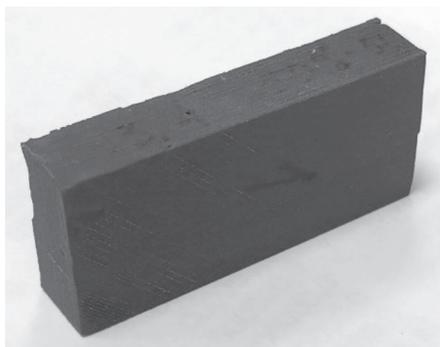


Рис.3. Образец №1.

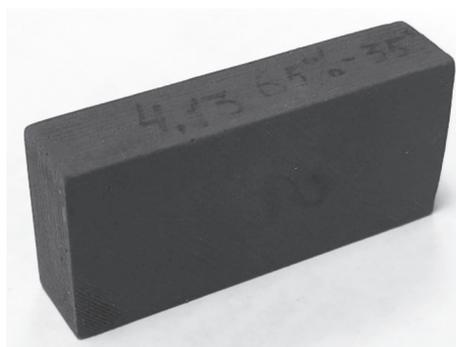


Рис.4. Образец №2.

Табл.1.

Прибор + Номер образца	Время выдержки (мин)	Измеренная мощность индивидуального эквивалента дозы (МЭД)
Прибор (без экрана)	5	0,00783 $\mu\text{Sv/h}$
Прибор, экранированный образцом №1	5	0,00586 $\mu\text{Sv/h}$
Прибор, экранированный образцом №2	5	0,00475 $\mu\text{Sv/h}$
Прибор (без экрана)	5	8,18687 $\mu\text{Sv/h}$
Прибор, экранированный образцом №1	5	5,82286 $\mu\text{Sv/h}$
Прибор, экранированный образцом №2	5	4,7848 $\mu\text{Sv/h}$

ляя необходимую толщину свинца [5]. Толщина свинца определялась для энергии 662 КэВ:

- на образце №1 (толщиной 9 мм) получили ослабление 27%, что соответствует толщине свинцовой защиты 2,5 мм;
- на образце №2 (толщиной 9 мм) получили ослабление 40%, что соответствует толщине свинцовой защиты 5,6 мм.

Выводы

Материал с соотношением вольфрам/силикон 50%/50%, обладая гибкостью и эластичностью, а также высокой прочностью на разрыв, может применяться при изготовлении сложных по форме деталей для уплотнения и герметизации (уплотнительные кольца, прокладки и др.).

Материал с соотношением вольфрам/силикон 65%/35% хорошо подойдет для заполнения полостей с переменными формами и сечениями в строительной отрасли, где требуется защита от ионизирующего излучения, а также является хорошей альтернативой традиционной технологии использования свинца. Эффективнее и экономически целесообразнее использование данного материала для заполнения пустот малого сечения.

Оба образца, обладая такими свойствами как мягкость, химическая инертность и нетоксичность по общетоксикологическому нормативу, могут быть рекомендованы как материалы для изготовления средств индивидуальной защиты персонала и пациентов, а также для применения в производстве рентгенозащитного оборудования.

Литература

1. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Лукьяненко В.Ю. и др. Оптимизация состава радиационной защиты // Изв. Вузов. Ядерная энергетика, 2015, №4, с. 36-42.
2. Книжников В.А., Бережной Р.В., Рубцов А.Ф., Григорян Э.А., Марченко Е.Н., Самойлов Д.Н., Соркина Н.С., Цивильно М.А. Свинец. Большая медицинская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1984. Т. 23: Сахароза – Сосудистый тонус. С. 21-25. 544 с.
3. ГОСТ 17.4.1.02-83. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
4. Гусев Н.Г., Климанов В.А., Машкович В.П., Суворов А.П., Гусев Н.Г. Защита от ионизирующих излучений. В 2 т. Том 1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989. 512 с.
5. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. Справочник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1995. 496 с.

Gamma Radiation Protection Based on Silicone Materials with Tungsten Filler

Yaroshchik Kanstantsin (Radmetron Ltd., Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Based on the experiment, the possibilities of homogeneous protection against various energies of gamma radiation are shown. The results of measurements of the attenuation capacity depending on different ratios of the filler material are presented.

Keywords: *ionizing radiation source shielding, tungsten, attenuation multiplicity, details of complex shapes and variable cross sections.*

К.В.Ярощик (магістр т.н., вэд.инж.) – ООО «Радметрон» г. Минск, респ. Беларусь

Контакты: +375297538051, yaroshchik@gmail.com