

ОЦЕНКА ПРИРОСТА РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

А.Ю. Андрианов, Е.А. Джур, Ю.А. Крикун

Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина;

E-mail: arean@inbox.ru

Проанализировано влияние дисперсных наполнителей на радиационно-защитные свойства композиционных материалов. Произведена количественная оценка прироста защитных свойств композиционных материалов при использовании полидисперсных наполнителей, содержащих ультрадисперсную фракцию. Применение полидисперсных наполнителей позволяет получить высокоэффективные материалы для защиты от рентгеновского и гамма-излучений в различных областях использования радиоактивных материалов и источников.

Радиоактивные материалы находят применение в разных отраслях человеческой деятельности: в промышленности, медицине, науке, энергетике и даже в сельском хозяйстве [1]. В Украине около 8000 предприятий и учреждений используют радиоактивные материалы и приблизительно 5500 продолжают генерировать радиоактивные отходы [2]. Увеличение спроса на использование радиоактивных материалов в различных технологиях, а также выработка опасных отходов порождает ужесточение требований к радиационной безопасности, что приводит к необходимости создания и внедрения новых методов защиты человека от воздействия вредных радиационных излучений. Одним из таких методов является разработка новых высокоэффективных радиационно-защитных композиционных материалов (КМ), в состав которых не входит токсичный свинец, требующий особой утилизации после эксплуатации.

В результате поиска новых материалов в области радиационной защиты, дефектоскопии и рентгенодиагностики экспериментальным путем было установлено два взаимоисключающих эффекта взаимодействия электромагнитного ионизирующего излучения (ЭИИ) с дисперсными средами: с одной стороны, возможно аномальное пропускание квантов ЭИИ сквозь ультрадисперсные среды, с другой стороны, – их аномальное поглощение [3]. Данное взаимодействие обусловлено специфическими свойствами ультрадисперсных частиц – фракции, которая в незначительных количествах содержится в полидисперсных порошках, широко используемых в разных областях промышленности.

С точки зрения радиационной защиты интерес представляет прежде всего эффект аномального ослабления ЭИИ ультрадисперсными средами. Для обеспечения максимального увеличения защитных свойств КМ на основе полидисперсных порошков с ультрадисперсной фракцией необходимо обеспечить как гранулометрический состав наполнителя, так и его характерную структуру, исключаящую возникновение неоднородностей в результате коагуляции

частиц и их скоплений [4]. В выполненных экспериментальных исследованиях проводился лишь качественный анализ аномального ослабления ЭИИ ультрадисперсными средами, который основывался на фиксировании отклонений в экспоненциальной кривой Бугера.

Целью работы является количественный анализ влияния дисперсных наполнителей на защитные свойства КМ. Основной задачей анализа является оценка прироста защитных свойств КМ при использовании полидисперсных наполнителей, включающих ультрадисперсную фракцию.

Для оценки прироста защитных свойств КМ разработана специальная методика, которая исключает ряд проблем, возникших при качественном анализе ослабления ЭИИ ультрадисперсными средами: использование матрицы с неустойчивой структурой (воды); необходимость высокой точности дозировки наполнителя; использование критериев эквивалентных толщин для оценки радиационно-защитных свойств, которые являются малоинформативными для бессвинцовых КМ [5]. Кроме того, в основу методики исследования заложен принцип практической приемлемости, который состоит в максимальном приближении исследовательских условий к условиям практической эксплуатации полученных результатов. Данный подход включает использование технологий, материалов и методов, используемых на производстве при изготовлении готовой продукции.

Методика исследования носит расчетно-экспериментальный характер и основана на сравнительном анализе радиационно-защитных характеристик композиционного материала и его составляющих компонентов. Полученные экспериментальным путем значения радиационно-защитных характеристик изготовленных образцов КМ с определенным содержанием наполнителя сравнивались с расчетными значениями, полученными на основе экспериментальных значений радиационно-защитных характеристик компонентов КМ, взятых в соответствующих экспериментальным образцам пропор-

циях. Если не учитывать обнаруженный эффект влияния дисперсности вещества на прохождение ЭИИ [6], защитные свойства КМ и его составляющих компонентов должны совпадать с точностью до ошибки измерения и изготовления композита. Поскольку один из компонентов композита в эксперименте представляет собой дисперсный порошок, то в результате сравнения ожидается получить расхождения в защитных свойствах. Такая схема сравнения позволяет оценить дисперсную систему в матрице и вне матрицы (в виде насыпки).

В качестве критерия для оценки защитных свойств композиционного материала и его компонентов выбран линейный коэффициент ослабления. Коэффициент линейного ослабления представляет собой характеристику защитных свойств материала, количественно характеризующую относительную долю энергии квантов излучения, потерянную в веществе вследствие поглощения и рассеяния на единицу их пробега. В отличие от кратности ослабления или от эквивалентной толщины эта величина характеризует сам материал, независимо от его толщины и представляет научный интерес.

Условно методика исследования состоит из нескольких этапов, первый из которых несет подготовительный характер. На первом этапе осуществляется подготовка исходных компонентов композиционного материала – матрицы и наполнителя с характерным гранулометрическим составом. В качестве матрицы используется эпоксидная композиция холодного отверждения марки УП-4-282. Согласно предварительному анализу эпоксидная смола обладает наилучшей радиационной стойкостью среди полимеров, которая составляет около 10 МГр и более [7, 8]. Существуют рекомендации по использованию изделий из эпоксидной смолы для конфайнмента радиоактивных отходов низкой и средней активности [9]. В качестве наполнителя используется модификатор по ТУ У 24.6-20255452-009-2002, состоящий из вольфрама и силикатной массы. Гранулометрический состав вольфрама приведен на рис. 1.

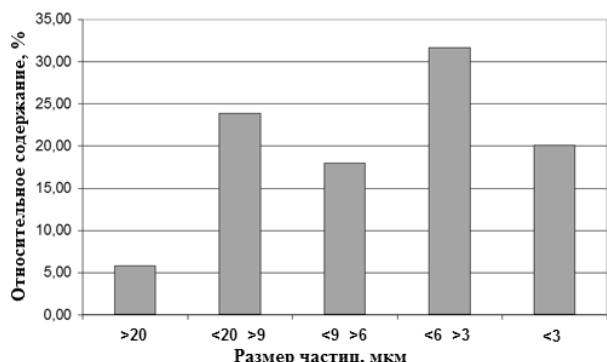


Рис. 1. Гранулометрический состав вольфрама, используемого для изготовления модификатора

На основе выбранных компонентов изготавливается партия образцов композита с различным объем-

ным содержанием наполнителя. Для изготовленной партии образцов композита и его компонентов определяются основные параметры для измерения линейного коэффициента ослабления: для матрицы и образцов композиционного материала – объемная плотность (композиция УП-4-282 – 1,20 г/см³) и толщина, для наполнителя – насыпная плотность (модификатор – 5,43 г/см³) и насыпная толщина.

Композиционный материал готовился смешением в металлической емкости при комнатной температуре расчетных количеств компонентов связующего с погрешностью взвешивания не более 0,5%. Компоненты перемешивали деревянным шпателем в течение 2...3 мин до получения однородной равномерно окрашенной массы. Затем в данный состав вводили расчетное количество модификатора и перемешивали состав в течение 3...5 мин, пока струя полученной смеси, стекающая со шпателя, не становилась однотонной и однородной, без комков и сгустков. Полученную смесь выдерживали в течение 5...10 мин для удаления пузырьков воздуха, после чего в нее вводили расчетное количество отвердителя и производили перемешивание композиции в течение 5...10 мин, пока ее струя, стекающая со шпателя, не становилась однотонной и однородной.

Свежеприготовленные наполненные композиции заливали в установленные по уровню металлические формы и производили их отверждение при комнатной температуре в течение 5 сут (заливочные композиции для обеспечения запаса по толщине отливки готовили с 10% избытком по массе). Перед заливкой на поверхность форм наносили антиадгезионное покрытие. Затем отвержденные отливки извлекали из форм, разрезали на заготовки и обрабатывали в заданный размер фрезерованием и шлифованием. Таким образом, было получено 13 образцов с объемным содержанием наполнителя от 0,8 до 55,1%.

На втором этапе проводится экспериментальное определение линейного коэффициента ослабления образцов композита и его компонентов на энергиях источников гамма излучения ²⁴¹Am (0,06 МэВ), ¹³⁷Cs (0,66 МэВ), ⁶⁰Co (1,33 и 1,17 МэВ). Для измерения линейного коэффициента ослабления использовалась гамма-спектрометрическая установка на базе сцинтилляционного детектора в защите СГС-200 и амплитудного анализатора типа LP4900В. Измерения выполняли методом регистрации импульсов в фотопике полного поглощения моноэнергетической линии на основе полученного гамма-спектра. Гамма-источник в "открытой" геометрии располагается по оси спектрометрического блока детектирования на расстоянии 15 см от передней поверхности детектора. Исследуемый образец располагается между детектором блока детектирования и гамма-источником на расстоянии 2 см от гамма-источника. Ширину фотопика полного поглощения моноэнергетической линии выбирали на 1/10 его высоты.

Для обработки результатов измерений разработана методика вычисления неопределенности измерения линейного коэффициента ослабления образцов

композиционных материалов. Методика обработки результатов измерения выполнена в соответствии с «Руководством по выражению неопределенности измерений» [10]. Данное руководство является фактическим стандартом выражения качества измерений в международной практике и имеет некоторые терминологические и методологические различия [11] в сравнении с применяемыми до недавнего времени нормативными документами в области обеспечения единства измерений в странах СНГ.

Линейный коэффициент ослабления (μ , см⁻¹) исследуемого образца для заданной энергии гамма-излучения определялся по формуле:

$$\mu = \frac{\ln \left(\frac{\bar{N}_{\text{e}\tilde{n}\delta} - \bar{N}_{\text{o}\tilde{i}\tilde{i}}}{\bar{N}_{\text{i}\tilde{a}\delta} - \bar{N}_{\text{o}\tilde{i}\tilde{i}}} \right)}{L},$$

где $\bar{N}_{\text{i}\tilde{a}\delta}$, $\bar{N}_{\text{e}\tilde{n}\delta}$, $\bar{N}_{\text{o}\tilde{i}\tilde{i}}$ – средние арифметические значения из n измерений скорости счета образца, гамма-источника и фона соответственно, имп/с.

Результат измерения представлен в виде

$$\mu = \mu_{\text{e}\tilde{c}\tilde{i}} \pm U, \quad p = 0,95,$$

где U – расширенная неопределенность измерения для заданного уровня доверия P , которая определяется согласно разработанной методике для косвенного измерения линейного коэффициента ослабления при коррелированных входных аргументах. Величина расширенной неопределенности измерения линейного коэффициента ослабления образцов КМ не превысила 5%.

На третьем этапе производится теоретический расчет плотности и линейного коэффициента ослабления для каждого образца композиционного материала с выбранным объемным содержанием наполнителя. Исходными данными для расчета являются плотность, определенный экспериментальным путем на втором этапе линейный коэффициент ослабления компонентов композита, а также объемное содержание наполнителя в матрице композита.

Расчетная плотность i -го образца композита, полученного из двух компонентов – матрицы и наполнителя, определялась по формуле вычисления плотности сложного вещества:

$$\rho_{\text{ci}} = \rho_{\text{f}} \cdot \frac{v_{\text{Ei}}}{100} + \rho_{\text{b}} \cdot \frac{(100 - v_{\text{Ei}})}{100},$$

где ρ_{f} – насыпная плотность наполнителя, г/см³; ρ_{b} – объемная плотность матрицы, г/см³; v_{Ei} – объемное содержание наполнителя i -го образца, %.

Расчетное значение линейного коэффициента ослабления i -го образца композита вычислялось по формуле определения линейного коэффициента ослабления многокомпонентного вещества:

$$\mu_{\text{ci}} = \mu_{\text{f}} \cdot \frac{v_{\text{Ei}}}{100} + \mu_{\text{b}} \cdot \frac{(100 - v_{\text{Ei}})}{100},$$

где μ_{b} – экспериментальный линейный коэффициент ослабления связующего, см⁻¹; μ_{f} – эксперименталь-

ный линейный коэффициент ослабления наполнителя, см⁻¹; v_{Ei} – объемное содержание наполнителя i -го образца, %.

Четвертый этап включает сравнительный анализ расчетных и экспериментальных значений линейного коэффициента ослабления образцов композиционного материала. Критерием соответствия расчетных значений с экспериментальными является значение расхождения между расчетной плотностью, определенной на третьем этапе, и плотностью образца композиционного материала, полученной экспериментальным путем на первом этапе.

Под соответствием следует понимать равенство между расчетной плотностью ρ_{Ci} и экспериментальной плотностью ρ_{Ei} i -го образца при относительной ошибке, не превышающей $q\%$ в случае, когда за истинное значение принимается экспериментальное. Таким образом, критерий соответствия по плотности k_{ρ} можно выразить в виде относительной ошибки и согласно неравенству эта величина не должна превышать $q\%$:

$$k_{\rho} = \frac{|\rho_{\text{Ei}} - \rho_{\text{Ci}}|}{\rho_{\text{Ei}}} \cdot 100\% \leq q\%, \quad (1)$$

где $|\rho_{\text{Ci}} - \rho_{\text{Ei}}|$ – абсолютное расхождение между экспериментальным и расчетным значением плотности для каждого i -го образца, г/см³; ρ_{Ei} – экспериментальное значение плотности i -го образца, принятое за истинное (среднее), г/см³.

Значение q определяется исходя из точности определения экспериментальной плотности образцов и их компонентов по формуле:

$$q = \sqrt{\theta_{\rho_{\text{Ei}}}^2 + \theta_{\rho_{\text{i}}}^2 + \theta_{\rho_{\text{i}}}^2} \approx 5,2\%, \quad (2)$$

где $\theta_{\rho_{\text{Ei}}}$, $\theta_{\rho_{\text{i}}}$, $\theta_{\rho_{\text{i}}}$ – суммарная погрешность определения экспериментальной плотности образцов и их компонентов – наполнителя и матрицы (каждый не более 3%).

Использованные в выражении (2) суммарные погрешности определения плотности включают как точность непосредственно измерения, так и точность изготовления образцов с установленным значением объемного содержания наполнителя. Следует отметить, что сравнение величин k_{ρ} и q согласно (1) есть условным, поскольку сама оценка k_{ρ} является относительной (в нашем случае за «истинное» значение было принято экспериментальное значение плотности). Однако в первом приближении данное неравенство можно использовать для оценки сравнения расчетных и экспериментальных значений линейного коэффициента ослабления.

Учитывая, что неравенство (1) удовлетворяется, поскольку критерий соответствия для изготовленных

образцов с содержанием наполнителя в диапазоне 0,8...32,8% не превысил 3,2%, а для образца с объемным содержанием наполнителя 55,1% составил 5,1%, можно утверждать о соответствии расчетных и экспериментальных значений линейного коэффициента ослабления. В этом случае дисперсность наполнителя и его структура в матрице композита не влияет на сечение полного ослабления гамма-излучения определенной энергии. Тем не менее в результате эксперимента, проведенного согласно предложенной методике, возникли существенные расхождения между расчетными и экспериментальными значениями линейного коэффициента ослабления.

На рис. 2-4 приведены результаты расчетных и экспериментальных значений линейного коэффициента ослабления для разработанных образцов. Вполне очевидно, что скачкообразных отклонений, полученных при экспериментах, где в качестве матрицы использовалась вода, не обнаружено, и зависимость линейного коэффициента ослабления от относительного содержания является линейной.

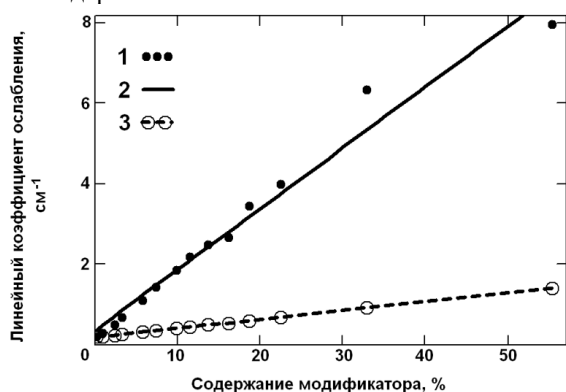


Рис. 2. Зависимость линейного коэффициента ослабления на энергии источника ^{241}Am от содержания наполнителя: 1 – экспериментальные значения; 2 – линейная регрессия экспериментальных значений; 3 – расчетные значения

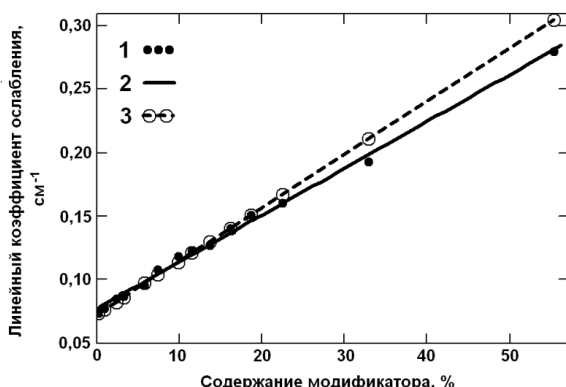


Рис. 3. Зависимость линейного коэффициента ослабления на энергии источника ^{137}Cs от содержания наполнителя: 1 – экспериментальные значения; 2 – линейная регрессия экспериментальных значений; 3 – расчетные значения

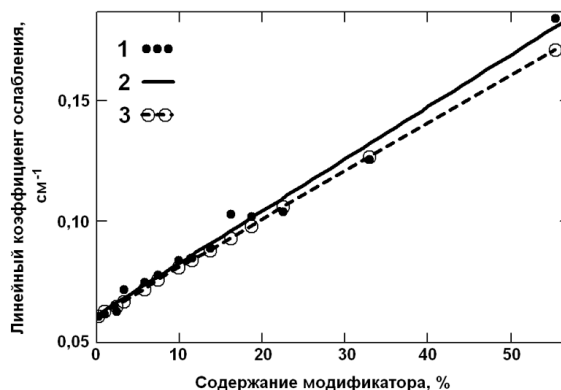


Рис. 4. Зависимость линейного коэффициента ослабления на энергии источника ^{60}Co от содержания наполнителя: 1 – экспериментальные значения; 2 – линейная регрессия экспериментальных значений; 3 – расчетные значения

По полученным экспериментальным значениям построена функциональная зависимость с использованием линейной регрессии в программной среде MathCAD 2000 Professional. Функции линейной регрессии экспериментальных значений для трех энергий источников приведены в табл. 1.

Величина абсолютного и относительного расхождения между полученными результатами оценивалось по тому же методу, что и для плотности, где за истинное значение принималось экспериментальное. Относительное расхождение между расчетными и экспериментальными значениями оценивалось согласно выражению:

$$K_{\mu} = \frac{|\mu_{Ei} - \mu_{Ci}|}{\mu_{Ei}} \cdot 100\%,$$

где $|\mu_{Ci} - \mu_{Ei}|$ – абсолютное расхождение между экспериментальным и расчетным значением линейного коэффициента ослабления для каждого i -го образца, см^{-1} ; μ_{Ei} – экспериментальное значение линейного коэффициента ослабления i -го образца, принятое за истинное, см^{-1} .

Результаты сравнения экспериментальных и расчетных значений линейного коэффициента ослабления свидетельствуют о значительных расхождениях на низких энергиях гамма излучения (табл. 2).

Таблица 1
Функции линейной регрессии зависимости экспериментального линейного коэффициента ослабления от объемного содержания наполнителя

Источник излучения	Функция линейной регрессии экспериментальных значений	Линейная функция расчетных значений
²⁴¹ Am	$\mu_e = f(v_e) = 0.358 + 0.152 \cdot v_e$	$\mu_c = f(v_e) = 0.191 + 0.02183 \cdot v_e$
¹³⁷ Cs	$\mu_e = f(v_e) = 0.077 + 3.695 \cdot 10^{-3} \cdot v_e$	$\mu_c = f(v_e) = 0.073 + 4.21 \cdot 10^{-3} \cdot v_e$
⁶⁰ Co	$\mu_e = f(v_e) = 0.061 + 2.159 \cdot 10^{-3} \cdot v_e$	$\mu_c = f(v_e) = 0.061 + 2.0 \cdot 10^{-3} \cdot v_e$

На энергии источника ²⁴¹Am относительное расхождение расчетных и экспериментальных линейных коэффициентов ослабления составляет от 29,5 до 82,5%, на энергии ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co – не превышает 10%. Значение относительного расхождения 10% является допустимой величиной, поскольку на нее влияет множество факторов: точность проведения измере-

ния линейных коэффициентов ослабления; точность изготовления образцов; выбор значения в качестве истинного для определения относительного расхождения и др. На энергии ²⁴¹Am расхождение имеет значительную величину и превышает точность измерения и изготовления образцов (табл. 2).

Таблица 2

Анализ расхождений между расчетными и экспериментальными значениями линейного коэффициента ослабления

Объемное содержание модификатора, %	Абсолютное расхождение, см ⁻¹			Относительное расхождение, %		
	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co
0	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
0,8	0,087	0,001	0,001	29,5	1,3	1,6
2,2	0,271	0,003	0,002	53,1	3,5	3,2
3,2	0,432	0,001	0,005	62,3	1,1	6,9
5,6	0,785	0,002	0,003	71,5	2,1	4,0
7,3	1,095	0,004	0,002	75,8	3,7	2,6
9,8	1,444	0,004	0,003	78,1	3,4	3,6
11,4	1,744	0,001	0,001	79,9	0,8	1,2
13,5	2,014	0,003	0,001	80,6	2,4	1,1
16	2,116	0,000	0,010	79,7	0,0	9,7
18,5	2,858	0,000	0,004	82,8	0,0	3,9
22,3	3,302	0,007	0,002	83,0	4,4	1,9
32,8	5,433	0,018	0,001	85,7	9,3	0,8
55,1	6,575	0,025	0,013	82,5	8,9	7,1

Так, например, для объемного содержания наполнителя в матрице $v_E = 55,1\%$, линейный коэффициент экспериментального образца больше расчетного в 5,7 раз или на 6,575 см⁻¹. Величина абсолютного расхождения между экспериментальными и расчетными данными характеризуют величину прироста защитных свойств композита, обусловленную специфическими свойствами полидисперсного наполнителя, включающего ультрадисперсную фракцию в результате специфического взаимодействия ЭИИ с отдельными ультрадисперсными частицами, так и за счет их структуры. Данный эффект проявляется только на низких энергиях гамма-излучения (²⁴¹Am) в условиях указанной точности проведения эксперимента.

В экспериментах, описанных в работах [3, 4, 6], где в качестве матрицы использовалась вода, частицы мелкодисперсного наполнителя коагулировались в характерные скопления, что свойственно им в результате взаимодействия сил взаимного заряжения между отдельными частицами [12]. Это приводило к возникновению скачков ослабления излучения при изменении относительного содержания наполнителя в воде. В данном эксперименте композиционный материал изготавливался так, чтобы распределение наполнителя в матрице было равномерным и не создавалось условий для характерной коагуляции ча-

стиц. Частицы наполнителя в данной структуре изолированы друг от друга веществом матрицы, и, следовательно, на величину прироста защитных свойств композита влияет характерное взаимодействие квантов излучения с отдельными частицами наполнителя. Учитывая малый размер некоторых частиц, происходит интенсивное рассеяние квантов излучения на их поверхностных атомах, что приводит к увеличению оптической длины пробега кванта и соответственно вероятности возникновения дополнительных актов фотоэлектрического поглощения, что является, в свою очередь, причиной относительного увеличения величины ослабления ЭИИ [13, 14].

Функцию, характеризующую величину прироста защитных свойств в рассматриваемом эксперименте в зависимости от величины объемного содержания наполнителя в композите, можно найти исходя из разности функции линейной регрессии экспериментальных значений и линейной функции расчетных значений, приведенных в табл. 1:

$$\Delta \mu_{\text{ОАХ}} = f(v_E) = 0.167 + 0.130 \cdot v_E, \text{ см}^{-1}. \quad (3)$$

С помощью выражения (3) можно моделировать прирост защитных свойств композиционного материала, учитывая расход дорогостоящего модификатора и весовые характеристики композита, выражая

V_E как функцию стоимости или функцию удельного веса композиционного материала. Таким образом, практическим результатом проведенных исследований является создание композиционных материалов с повышенными радиационно-защитными свойствами, регулирование которых может быть осуществлено с помощью технико-экономических показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Radiation, People and the Environment*. Vienna: IAEA, 2004, 82 p.
2. В. Отрошенко. *Контейнер для „ядерного джинна”* //Еженедельник «2000». 2005, 16 декабря.
3. Г.К. Катрашук, Ю.О. Крикун, В.І. Ткаченко. Нові ефекти взаємодії рентгенівського випромінювання з ультрадисперсними середовищами //УРЖ. 1995, №4, с. 366–367.
4. В.П. Алехин, В.А. Артемьев, Ю.А. Крикун, Н.И. Соколовский, В.И. Ткаченко, В.А. Юпенков. О прохождении рентгеновского излучения через мелкодисперсные среды //Сборник научных трудов МАСИ. М.: МАСИ, 1995, с. 60–63.
5. В.М. Пишнів. Порівняльна оцінка рентгенозахисних матеріалів на основі свинцевмісних і безсвинцевих наповнювачів //УРЖ. 2002, №10, с. 24–28.
6. В.А. Артемьев, С.В. Чуляев, Ю.А. Крикун, В.И. Ткаченко, В.А. Юпенков, В.В. Чулков. Прохождение рентгеновского излучения сквозь ультрадисперсные системы //Атомная энергия. 1995, т. 78, в. 3, с. 186–191.
7. *Энциклопедия полимеров* /Под ред. В.А. Кабанова. Т. 3. М.: «Советская энциклопедия», 1977, 1152 с.
8. В.К. Милинчук. Радиационная химия //СОЖ. 2000, т. 6, №4, с. 24–29.
9. S. Vaccaro, V. Bianchilli, C. Casadio, G. Rinaldi. Radiation stabilization effects in an ethylene-propylene copolymer and in epoxy resin particulate composites //Stability and stabilization of polymers under irradiation. Vienna: IAEA, 1999, p. 65–77.
10. Guide to Expression of Uncertainty in Measurement /First edition – ISO/Switzerland: Руководство по выражению неопределенностей измерения /Русский перевод /Научный редактор В.А. Слаев. Санкт-Петербург: НПО ВНИИМ им. Менделеева, 1999, 134 с.
11. И.П. Захаров, В.Д. Кукуш. Теория неопределенности в измерениях: Учебн. пособие. Харьков: Консум, 2002, 256 с.
12. Л.К. Григорьева, Э.Л. Нагаев, С.П. Чижик. Малые металлические частицы в физике и химии //Природа. 1988, №6, с. 4–11.
13. В.А. Артемьев. Об ослаблении рентгеновского излучения ультрадисперсными средами //Письма в ЖТФ. 1997, т. 23, №6, с. 5–9.
14. В.А. Артемьев. Оценка ослабления гамма-излучения наноструктурными материалами //Атомная энергия. 2002, т. 93, №2, с. 120–128.

ОЦІНКА ПРИРОСТУ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІДИСПЕРСНИХ НАПОВНЮВАЧІВ

А.Ю. Андриянов, Е.А. Джур, Ю.А. Крикун

Проаналізовано вплив дисперсних наповнювачів на радіаційно-захисні властивості композиційних матеріалів. Зроблено кількісну оцінку приросту захисних властивостей композиційних матеріалів при використанні полідисперсних наповнювачів, що містять ультрадисперсну фракцію. Застосування полідисперсних наповнювачів дозволяє одержати високоефективні матеріали для захисту від рентгенівського і гамма-випромінювання в різних галузях використання радіоактивних матеріалів і джерел.

ESTIMATION OF RADIATION-PROTECTIVE PROPERTIES' INCREMENT OF COMPOSITES BASED ON POLYDISPERSE FILLERS

A.Yu. Andrianov, Ye.A. Dzhur, Yu.A. Krikun

Filler's dispersity effect on radiation-protective properties of composite materials is analyzed. Quantitative estimation of radiation-protective properties' increment of composites based on polydisperse fillers with superdisperse fraction is given. Development of high-performance materials for shielding against X-rays and gamma-radiation in different fields of radioactive materials/sources' application is ensured by use of polydisperse fillers.