



ЛИТЕРАТУРА

1. Полянський С. К., Коваленко В. М. Експлуатаційні матеріали: підруч. для студентів вищ. навч. закл. Київ: Либідь, 2003. 448 с.
2. Коржавін Ю. А., Коробочка О. М. Ресурсозберегаючі технології при проведенні ТО та ремонту автомобілів. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. 176 с.
3. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Осипов І. М. та ін. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. 2-ге вид., перероблене та доповнене. За ред. В. Я. Чабанного. Кіровоград: КП «Центрально-Українське видавництво», 2008. Книга 2. Системи забезпечення якості паливно-мастильних матеріалів. 500 с. URL: http://library.kr.ua/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn2.pdf (дата звернення: 22.03.2018).
4. Чумаченко Ю. Т., Чумаченко Г. В., Герасименко А. И. Материаловедение для автомехаников: учебн. пособ. Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. 480 с.
5. Григоров А. Б. Комплексная переработка отработанных моторных масел. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2012. № 05 (99). С. 40–44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee_2012_5_7 (дата обращения: 25.03.2018).
6. Чайка О. Г., Петрушка І. М., Малик Ю. О. та ін. Апроксимаційні залежності процесу регенерації відпрацьованої моторної оливи. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2012. № 726(99). Хімія, технологія речовин та їх застосування. С. 265-269. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/18708> (дата звернення: 30.03.2018).
7. Гриценко В. О., Орлов Н. С. Применение микрофльтрации для регенерации отработанных моторных масел. Критические технологии. Мембраны. 2002. № 16. С. 10-16.

УДК 691.327:666.97-136

РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЙ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ГЛИНОЗЕМИСТОГО ЦЕМЕНТА И ОТХОДА ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА

Н.А. Очкина

кандидат технических наук, доцент кафедры "Физика и химия", ФГБОУ ВО "Пензенский государственный университет архитектуры и строительства", г. Пенза, Россия, e-mail: ochkina.natalya@mail.ru

Аннотация. В работе проведено экспериментальное исследование влияния вида наполнителя на величину линейных коэффициентов ослабления рентгеновского и гамма излучений для радиационно – защитного композита на основе глиноземистого цемента. Для композита с наполнителем из отходов оптического стекла ТФ-110 подсчитано значение макроскопического сечения выведения быстрых нейтронов.

Ключевые слова: радиационно-защитный композит, глиноземистый цемент, отход оптического стекла ТФ-110, линейный коэффициент ослабления гамма-излучения, макроскопическое сечение выведения нейтронов.





RADIATION PROTECTIVE COMPOSITE BASED ON ALUMINOUS CEMENT AND WASTE OF OPTICAL GLASS

Natalya Ochkina

Ph.D., Associate professor of the department "Physics and Chemistry", FGBO VO "Penza State University of Architecture and Construction", Penza, Russia, e-mail: ochkina.natalya@mail.ru

Abstract. An experimental study of the influence of the filler species on the linear attenuation coefficients of X - ray and gamma radiation for a radiation - protective composite based on alumina cement was carried out. For a composite with a filler from waste optical glass TF-110, the value of the macroscopic cross section for the removal of fast neutrons is calculated.

Keywords: radiation-protective composite, alumina cement, optical glass TF-110 waste, linear coefficient of gamma-radiation attenuation, macroscopic neutron removal cross section.

Введение. Эксплуатация атомных электростанций, интенсивное применение источников радиоактивных излучений в производстве, технике и медицине выдвигает на передний план проблему надежной защиты персонала и окружающей среды. Одним из путей ее решения является разработка новых, более эффективных радиационно-защитных материалов. В настоящее время широко распространенным материалом для изготовления защитных экранов является обычный бетон на минеральных заполнителях и портландцементе. Однако защита из обычного бетона со средней плотностью 2400 кг/м^3 имеет достаточно большую толщину (около 2,5 м). Применение более тяжелых бетонов, например, со средней плотностью до 3850 кг/м^3 (с использованием заполнителей со средней плотностью 4000 кг/м^3 и более, заменяющих песок и гравий в обычном бетоне) позволяет существенно улучшить защитные свойства экранов от γ – излучения и быстрых нейтронов и, следовательно, уменьшить толщину защиты.

Наиболее существенными требованиями, предъявляемыми к радиационно-защитным композитам, являются: высокая плотность, однородность, радиационная стойкость, водостойкость, стойкость к тепловым воздействиям. Поскольку γ – излучение эффективнее всего ослабляется материалами с высоким атомным номером и высокой плотностью, то наиболее часто для экранирования применяют особо тяжелые бетоны, в которых в качестве заполнителей используют барит (содержание $\text{BaSO}_4 \geq 94\%$, плотность $\rho = 4200 \text{ кг/м}^3$), магнетит (Fe_3O_4 , $\rho = 4650 \dots 4800 \text{ кг/м}^3$), гематит (Fe_2O_3 , $\rho = 4900 \dots 5100 \text{ кг/м}^3$), лимонит ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\rho = 8700 \text{ кг/м}^3$), ильменит (FeTiO_3 , $\rho = 4600 \text{ кг/м}^3$), геотит ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\rho = 3500 \text{ кг/м}^3$). Характеристика этих природных материалов приведена в работах [1, 2, 3]. В качестве



вяжущего для особо тяжелых бетонов с указанными заполнителями обычно применяют портландцемент.

Сложнее защита от нейтронных потоков. Нейтроны слабо поглощаются в веществе, поэтому общий принцип защиты заключается в предварительном замедлении нейтронов, для чего наиболее пригодны вода, парафин, графит. Замедленные нейтроны затем поглощаются веществом с высоким сечением поглощения медленных нейтронов, например соединениями лития, кадмия, бора. Нейтронные потоки наиболее эффективно останавливаются гидратными бетонами, имеющими повышенное содержание химически связанной воды. Для их приготовления чаще всего используют глиноземистый цемент, а в качестве заполнителей - лимонит и серпентинит.

При этом следует иметь в виду, что поглощение нейтронов в веществе сопровождается ядерными реакциями и испусканием γ -квантов, поэтому следует предусматривать одновременную защиту и от γ -излучения.

Цель работы. Стоимость глиноземистого цемента и перечисленных высокоплотных заполнителей высока. С целью уменьшения стоимости радиационно-защитных материалов на основе глиноземистого цемента в научной школе А.П. Прошина (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства) было предложено использовать в качестве заполнителя дробленые и молотые отходы оптического стекла марок ТФ-10 и ТФ-110. Выбор этих марок стекла обусловлен высокими показателями средней плотности (5100...5190 кг/м³), прочности (120...200 МПа), большим содержанием оксида свинца (70,9%), высокой радиационной стойкостью. В качестве вяжущего применялись эпоксидная смола [4] портландцемент [5] и сера [6].

Материал и результаты исследований. В данной работе исследовали радиационно-защитные свойства особо тяжелых композитов на основе глиноземистого цемента с разными наполнителями: отходы ТФ-110, барит и кварцевый песок. Соотношение Ц:Н (по массе) во всех составах было принято равным 1:8 (объемная степень наполнения $\vartheta_f = 0,66$), В/Ц = 0,5.

Линейные коэффициенты ослабления определяли, облучая образцы узким пучком: рентгеновских лучей с энергией квантов 0,07 МэВ и 0,166 МэВ и гамма-квантов с энергией 1,25 МэВ и 6 МэВ, созданным путем специального диафрагмирования излучения. В этом случае условия эксперимента были таковы, что детектор излучения, расположенный за поглотителем, не регистрировал рассеянных гамма-квантов.

Закон ослабления узкого пучка излучения в интегральной форме имеет вид:

$$I = I_0 e^{-\mu d}, \quad (1)$$

- где I_0 – интенсивность падающего излучения;
 I – интенсивность излучения, прошедшего через материал защиты;
 d – толщина материала защиты, см;
 μ – линейный коэффициент ослабления излучения, см⁻¹.

Откуда

$$\mu = \frac{\lg \frac{I}{I_0}}{d \lg(e)}. \quad (2)$$

Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Влияние вида наполнителя на защитные свойства композитов

№ состава	Вид наполнителя	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент ослабления, см ⁻¹ излучения с энергией, МэВ			
			0,07	0,116	1,25	6
1	Кварцевый песок	2298	0,582	0,314	0,128	0,072
2	Барит	2836	0,740	0,636	0,158	0,084
3	Отходы оптического стекла марки ТФ-110	4045	1,964	0,906	0,225	0,146

Как видно из табл., ослабление ионизирующего излучения в материале происходит тем сильнее, чем меньше энергия квантов излучения и чем больше плотность материала защиты. Наибольшие значения линейных коэффициентов ослабления рентгеновских и гамма-лучей соответствуют особо тяжелому композиту с наполнителем из отходов ТФ-110, имеющему наибольшую плотность.

Глиноземистый цемент при гидратации связывает 25...35% (по весу) воды, тогда как обычный портландцемент – только 15...17%. Поэтому глиноземистый цемент и изделия на его основе характеризуются более высокими защитными свойствами по отношению к нейтронному излучению.

В данной работе было рассчитано макроскопическое сечение выведения быстрых нейтронов композитом следующего состава: наполнитель (ТФ-110, фракция 0,63...1,25 мм) – 2342 кг/м³; наполнитель (ТФ-110 с удельной поверхностью 100..110 м²/кг) – 1004 кг/м³; глиноземистый цемент – 418 кг/м³; вода – 209 кг/м³.

Химический состав композита указанного состава приведен в табл. 2.

Таблица 2 – Химический состав радиационно-защитного композита

Компоненты	Химические элементы									
	H	O	Si	Al	Fe	Ca	Pb	K	Na	As
ТФ-110 (фракция 0,63...1,25 мм)	–	478,2	302,7	–	–	–	1678	25,4	8,91	5,46
ТФ-110 ($S_{уд} = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$)	–	204,9	129,7	–	–	–	677,8	10,85	3,82	2,34
Глиноземистый цемент	–	178,7	1,41	167,7	1,2	69,03	–	–	–	–
Вода	13,93	111,6	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего	13,93	973,4	433,8	167,7	1,2	69,03	2356	36,25	12,73	7,8

Расчет сечения выведения нейтронов проводили по формуле:

$$\sum_{\text{ВЫВ}}^{\text{раствора}} = \sum_{i=1}^n \sigma_{\text{ВЫВ}}^i \rho_i, \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{ВЫВ}}^i$ – микроскопическое сечение выведения i -го химического элемента;

ρ_i – ядерная плотность i -го химического элемента.

$$\rho_i = \frac{N_A K_i}{A_i}, \quad (4)$$

где N_A – постоянная Авогадро, равная $6,023 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹;

K_i и A_i – соответственно, содержание (г/см³) и атомная масса i -го элемента, входящего в состав композита.

Значения $\sigma_{\text{ВЫВ}}$ каждого элемента, входящего в состав раствора, приводятся в специальных справочниках.

По результатам расчета макроскопическое сечение выведения быстрых нейтронов композитом оказалось равным

$$\sum_{\text{ВЫВ}} = \sigma_{\text{ВЫВ}}^0 \rho_0 + \sigma_{\text{ВЫВ}}^H \rho_H + \dots + \sigma_{\text{ВЫВ}}^i \rho_i = 0,096 \text{ см}^{-1}.$$

Аналогичный расчет, проведенный для композита, изготовленного на основе ТФ-110 и портландцемента, показал, что в этом случае $\sum_{\text{ВЫВ}} = 0,085 \text{ см}^{-1}$.

Вывод. Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

- 1) Линейный коэффициент ослабления рентгеновских лучей для композита с ТФ-110 больше, чем у композита на кварцевом песке в среднем в 3,12 раза и больше, чем у композита с наполнителем из барита в среднем в 1,36 раза. Линейный коэффициент ослабления гамма-излучения композита на ТФ-110 превышает соответствующие значения для композитов на кварцевом песке и барите на 76% и 42% соответственно при

- энергии излучения 1,25 МэВ и в 2,03 и 1,74 раза при энергии излучения 6 МэВ.
- 2) Композиты, изготовленные на основе глиноземистого цемента, на 12,94% эффективнее ослабляют поток быстрых нейтронов, чем композиты аналогичного состава на портландцементе.
 - 3) Это делает использование особо тяжелых композитов на ТФ-110 для изготовления облицовочной плитки и защитных штукатурок стен рентгеновских кабинетов и кабинетов для лучевой терапии, более выгодным не только с экономической, но и с практической точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаровский, А.Н. Защитные свойства строительных материалов / А.Н. Комаровский // М.: Атомиздат, 1971. – 238 с.
2. Дубровский, В.Б., Строительные материалы и конструкции защиты от ионизирующих излучений / В.Б. Дубровский, З. Аблевич // М.: Стройиздат, 1983. – 240 с.
3. Ицкович, С.М. Заполнители для бетона / С.М. Ицкович // М.: Высшая школа, 1972. – С. 208-211.
4. Худяков В.А. Разработка и исследование свойств модифицированных эпоксидных композитов для защиты от ионизирующих излучений: Дис. канд. техн. наук. – Пенза, 1994. – 141 с.
5. Калашников Д.В. Особо тяжелый высокопрочный бетон: Дис. канд. техн. наук. – Пенза, 2001. – 185 с.
6. Королев Е.В. Структура и свойства особо тяжелых серных композиционных материалов: Дис. канд. техн. наук. – Пенза, 2000. – 198 с.

УДК 621.86.067:620.22-492

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОТДЕЛЕНИЯ РАССЕВА ПУЛЬВЕРИЗАТА АЛЮМИНИЯ

Н.А. Прохоренко¹, А.Б. Голованчиков²

¹старший преподаватель кафедры процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия, e-mail: natasha292009@yandex.ru

²доктор технических наук, профессор кафедры процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия, e-mail: natasha292009@yandex.ru

Аннотация. В работе проведена реконструкция отделения фракционирования пульверизата алюминия, в которой производится замена загрузочного бункера на более перспективный. Решены вопросы экологичности и транспортировки сыпучего материала.