

18. Rolling of Clad Sheets in a Vacuum. J. Jap. Soc. Mech. Eng., 82, 1989. -p.467.  
19. Амоненко В.М., Тронь А.С., Мухин В.В., Тарасов В.А. Вакуумный прокатный стан//Сталь. – 1960. - № 10. - С.920-923.  
20. Скоробогатский И.Н., Сыропятов В.Г., Тронь А.С. Модернизированный стан 300 для горячей прокатки биметаллов в вакууме//Электронная техника. Научно-техн. сб. Материалы. – 1976. - Вып. 2. - С.122-126.

## ПОЛИМЕРНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ РАДИОНУКЛИДОВ

**В.И. Павленко, О.А. Маракин**

Неуклонное расширение областей применения радиоактивных изотопов требует обеспечения радиационной безопасности, в частности при хранении и транспортировке радионуклидов. Основной проблемой в данной области является отсутствие облегченных радиационно-защитных материалов с высокоэффективным комплексом технологических, эксплуатационных, экологических и экономических показателей.

В этом направлении наиболее перспективны и технологичны полимерные композиционные материалы (КМ). В мировой практике радиационно-защитные полимерные композиты представлены в основном в виде полиэтилена, наполненного дисперсным металлическим свинцом и боросодержащими добавками. Это известные материалы «Неустроп» (В/О «Изотоп», Россия) и «Light-Lead», «Pb-B-Poly» (США). Такие полимерные композиты представляют собой механическую смесь различных компонентов и, как результат, имеют низкие эксплуатационные характеристики.

Новый подход к решению задачи получения высокоэффективных радиационно-защитных полимерных композитов получил развитие в Белгородской государственной технологической академии строительных материалов. Разработанная технология позволяет получать ультрадисперсные металлоолигомерные наполнители с размером частиц до 1 мкм. Объемную массу наполнителя-олигомера можно регулировать по отношению к объемной массе полимерной матрицы различного состава. В процессе механохимической активации материалов и радиационного облучения достигается возможность получения однородной пространственношпидитой системы с высокими конструкционными и радиофизическими характеристиками :

- плотность - от 1.3 до 5.5 г/см<sup>3</sup>;
- прочность на изгиб - до 60 МПа;
- прочность на сжатие - до 140 МПа;
- легкая дезактивируемость;

теплостойкость - от -170 °С до +250 °С;

химическая устойчивость к водным растворам минеральных кислот, щелочей и растворам ПАВ;

радиационная стойкость по АКРС - 10...15;

допустимая поглощенная доза - 120 Мрад;

линейный коэффициент ослабления  $\gamma$ -излучения с энергией 40; 200 и 661 кэВ достигает соответственно 14, 4 и 1.5 см.

Проведенные расчеты и экспериментальные исследования защитных характеристик разработанных КМ показали их превосходство над известными аналогами. В табл. 1 приведены значения линейных коэффициентов ослабления  $\gamma$ -излучения от точечных  $\gamma$ -источников для разработанных КМ и материалов «Неутростоп» и «Light-Lead».

Таблица 1

Линейный коэффициент ослабления ТГИ для защитных композитов

Тип КМ	$\mu$ , см <sup>-1</sup> для энергий (кэВ) ТГИ.					
	60	122	166	392	511	661
ПС-85С	15.6	4.51	3.8	0.82	0.50	0.25
ПС-87М	3.40	0.95	0.54	0.25	0.22	0.20
«Неутростоп» (СО-Pb)	12.7	4.04	3.03	0.60	0.40	0.22
«Light-Lead» (США)	-	3.40	2.70	0.52	0.39	0.19

Исследования радиационно-защитных свойств КМ для объемных  $\gamma$ -источников (ОГИ) позволило установить параметр фактора накопления  $\gamma$ -излучения для КМ различного состава. Анализ проведен в объеме, представляющем практический интерес в сравнении с точечными источниками, т.е. были изучены зависимости  $\mu(E_\gamma)$ ,  $K(l)$  и дополнительно проведено сравнение свойств КМ по отношению к двум типам  $\gamma$ -источников в рентгеновском диапазоне ( $E_\gamma=0.06$  МэВ) энергий. Установлено, что в данном диапазоне энергий  $\gamma$ -фотонов точечный и объемный тип источника не оказывает заметного влияния на радиационно-защитные характеристики КМ.

Разработанные материалы создавались для защиты от излучений невысокого (до 200 кэВ) уровня энергий. Зависимости, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что при невысоких энергиях излучения разработанные композиты практически не уступают чистым свинцу и железу, хотя их плотность значительно ниже.

Для изучения возможности практического применения разработанных материалов по заданию В/О «Изотоп» Московского завода «Медрадио-

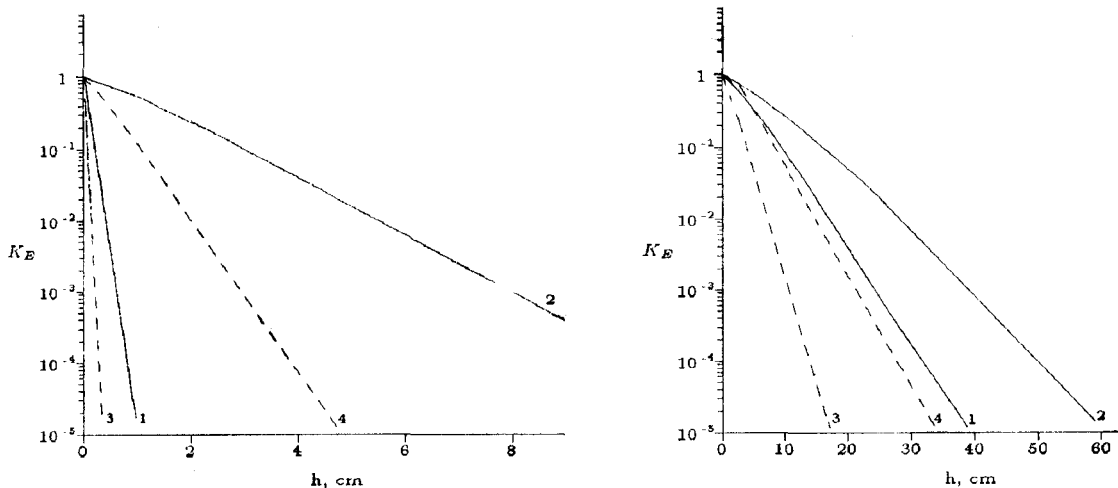


Рис.1. Зависимость энергетического коэффициента ослабления от толщины материала при энергиях  $\gamma$ -излучения 0.1 МэВ (1) и 1 МэВ (2) : 1 – ПС-85С; 2 – ПС-87М; 3 – свинец; 4 – железо.

препарат» Минздрава РФ разработаны новые типы *транспортных радиационно-защитных контейнеров серии КТ* на основе разработанных КМ (рис.2). Промышленная потребность в данных контейнерах для онкологических центров РФ составляет 20-25 тыс. шт. в год. Опытно-промышленная партия контейнеров из радиационно-защитных композитов изготовлена методом горячего прессования в специальной оснастке. Промышленные испытания разработанных контейнеров осуществлены в ГИЦ РФ – Физико-энергетический институт (г.Обнинск).

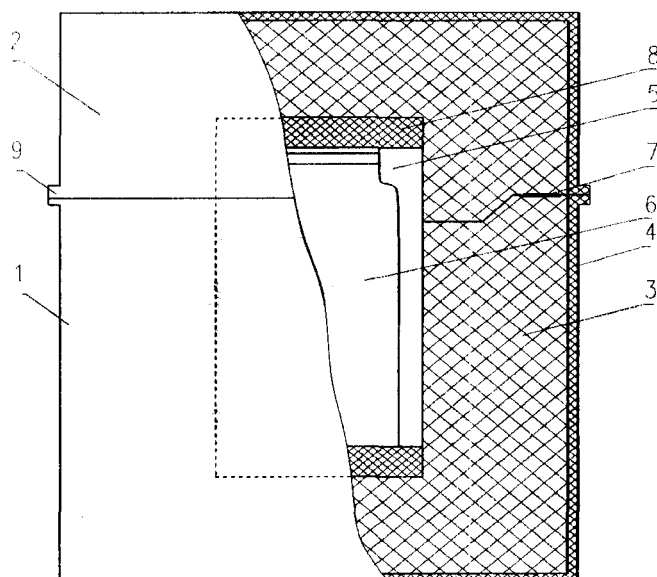


Рис.2. Разработанный контейнер для транспортировки и хранения радионуклидов.

Разработанные полимерные радиационно-защитные КТ представляют собой цилиндрический вертикальный стакан (1) с крышкой (2). Он выполнен из двухслойной оболочки: внутренней защитной (3), изготовленной на основе ПС-85С или ПС-87М, и внешней полиэтиленовой оболочки (4). Внутри оболочки стакана (1) находится камера (5) для помещения в нее по-

потребительской тары (6) с радиоактивным веществом. Между крышкой и стаканом находится уплотнение (7), изготовленное из радиационно-защитной резины. Потребительская тара (6) зафиксирована внутри камеры с помощью резиновых прокладок (8). Контейнер снабжен байонетным затвором (9) и имеет размеры: D=55-95 мм, H=94-134 мм в зависимости от активности транспортируемого источника.

Исследованы радиационно-защитные характеристики КТ с помещенными в них капсулами с радионуклидами типа  $^{147}\text{Pm}$  ( $E=0.02-0.2$  МэВ,  $A=1.3-6.0$  ГБк),  $^{137}\text{Cs}$  ( $E=0.661$  МэВ,  $A=0.1$  МБк) и  $^{60}\text{Co}$  ( $E=1.12$  и  $1.330$  МэВ,  $A=0.13$  МБк). Распределение мощности экспозиционных доз (МЭД) на внешней поверхности разработанных (полимерных) и серийно выпускаемых в настоящее время промышленностью (свинцовых) транспортных контейнеров серии КТ для различных  $\gamma$ -источников ионизирующих излучений представлены на рис.3 и в табл. 2.

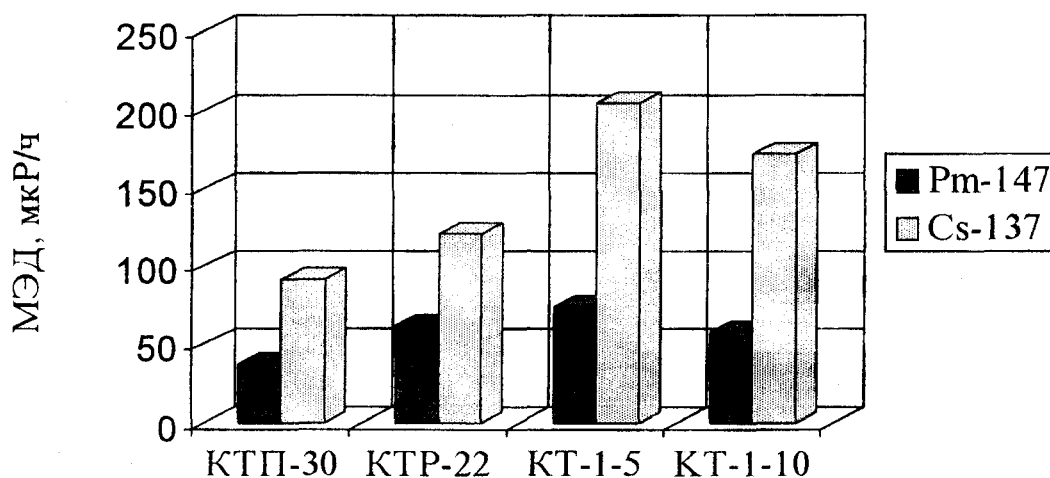


Рис.3. Распределение мощности экспозиционных доз (МЭД) на внешней поверхности защитных контейнеров для различных  $\gamma$ -источников ионизирующих излучений.

Сравнение свойств разработанных КТ с применяемыми в настоящее время свинцовыми КТ позволило установить, что эквивалентная защита разработанных КТ по отношению к свинцовым КТ достигается путем увеличения толщины защитной стенки в 2-2.3 раза с уменьшением массы контейнера на 10-15. Кроме того, свинцовые КТ дополнительно комплектуются в упаковочные комплекты с охранной тарой, что приводит к увеличению массы на 4-5 кг. Разработанные полимерные КТ также обладают более высокими физико-химическими свойствами, которые представлены в табл. 3.

Таблица 2

**Значения МЭД на внешней поверхности защитных контейнеров  
для различных  $\gamma$ -источников**

Тип контейнера	Толщина защитной стенки, мм	МЭД, (мкР/ч) на внешней поверхности КТ для источников:	
		Прометий-147	Цезий-137
		13055	861
КТР-22 (полимерный)	22	62	121
КТП-30 (полимерный)	30	38	92
КТ-1-5 (свинцовый)	5	75	205
КТ-1-10 (свинцовый)	10	58	172

Таблица 3

**Физико-химические свойства радиационно-защитных  
транспортных контейнеров**

Свойство	Показатель КТ	
	полимерный	свинцовый
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	3800 - 4250	11830
Предел прочности на сжатие, МПа	80 - 90	10
Теплостойкость, К	473	373
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0.28 - 0.42	34.7
Химическая устойчивость к кислотам	устойчив	Неустойчив
Герметичность	полная	Негерметичен
Дезактивируемость	отличная	Затруднена
Класс экологической опасности	4	1

Разработанные материалы и изделия на их основе могут найти применение в атомной промышленности, радиохимических производствах, в медицинской радиологии и других объектах и механизмах, работающих в зоне повышенного радиоактивного воздействия.

### Выводы

1. Разработан новый класс радиационно-защитных полимерных композиционных материалов, которые значительно превосходят по многим физико-механическим, радиационно-защитным и эксплуатационным характеристикам существующие аналоги.

2. Разработанные на основе данных композиционных материалов новые типы полимерных контейнеров по радиационно-защитным характеристикам эквивалентны известным свинцовым металлическим контейнерам при увеличении толщины стенки всего в 2...2.5 раза практически при сохранении массы контейнера. Кроме того, достигается санитарно-гигиеническая и экологическая безопасность, полная дезактивируемость в кислых растворах, повышенная механическая прочность, полная герметичность и теплозащита. Отпадает необходимость в дополнительных упаковочных транспортных комплектах, что способствует снижению геометрических размеров упаковок в 2...3 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко В.И., Ефимов А.И., Маракин О.А., Шевцов И.П., Тенденции развития радиационно-защитных разработанных композиционных материалов // Изв. вузов. Строительство. – Новосибирск: - 1995. № 11. –С. 78-79.
2. Павленко В.И., Кирияк И.И., Маракин О.А., Шевцов И.П., Специальные полимерные композиты для защиты от радиационного воздействия / Проблемы конверсии оборонных производств. Тез. докл. конф. –Пенза. 1995. –С.25-26.
3. Патент РФ по заявке № 94034004/25. МКИ G21FS/005. Защитный контейнер / В.И.Павленко, И.И.Кирияк, М.И.Холод, О.А.Маракин, И.П.Шевцов // Решение ВНИИГПЭ от 10.01.96.

### МЕТРОЛОГИЯ КАЧЕСТВА УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

**В.П. Гончаренко, А.Я. Колпаков, А.И. Маслов,  
В.М. Никитин, А.А. Пимонов**

Одним из перспективных методов неразрушающего контроля качества материалов, изделий и конструкций, в том числе изделий с упрочняющими покрытиями, является метод, базирующийся на регистрации коротких импульсов (характерная длительность импульса порядка  $10^{-6}$  с), эмитируемых кристаллической структурой исследуемого образца в ультразвуковом диапазоне частот (от нескольких сотен Кгц до десятков Мгц) при нагружении образца - метод акустической эмиссии (АЭ) [1].

Перспективность метода АЭ обусловлена прежде всего тем, что он относится к классу пассивных неразрушающих методов непрерывного контроля, и позволяет реализовать мониторинг дина-