

ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ

Л. Б. Замирова, Г. П. Шарнин, Г. Г. Жилев, И. Н. Зарипов, Н. М. Капустина

Химический НИИ (директор — проф. Г. П. Шарнин), г. Казань

Сложившаяся в районе аварии на ЧАЭС радиационная обстановка и, в особенности, необходимость привлечения к ликвидации ее последствий значительных контингентов персонала и личного состава Российской Армии потребовали использования эффективной системы индивидуальной защиты, основной целью которой являлось исключение или снижение до безопасных уровней воздействие радиации. Однако надежных эффективных средств индивидуальной защиты (СИЗ) от ионизирующего излучения не было, поэтому были использованы импровизированные средства из свинца в виде жилетов и раковин, крайне неудобные в эксплуатации, что приводило к невыполнению поставленной задачи в отведенное, исходя из радиационной обстановки, время и часто представлялось целесообразным вместо использования импровизированных СИЗ применять защиту временем [3]. Именно отсутствие надежных и удобных в эксплуатации СИЗ от воздействия радиации поставило задачу создания материала и изделий, обеспечивающих защиту от α -излучения полностью, а от β -излучения путем снижения энергии до 2,5 МэВ, то есть в 20 раз, и γ -излучения — до 0,2 МэВ, то есть в 2—3 раза. Указанные энергии и кратности их ослабления обусловлены необходимостью обеспечения работоспособности персонала, выполняющего тяжелую работу в ус-

ловиях дефицита времени. Известно, что никакие носимые СИЗ не способны существенно понизить эффективность воздействия сильнопроникающей фотонной радиации с энергией квантов более 0,3 МэВ.

Результатом проведенных нами научно-исследовательских и технологических разработок явилось создание защитного материала, представляющего собой высокоэластичный металлонаполненный полимерный материал, полученный путем механического наполнения пористых полимерных материалов водными металлосодержащими суспензиями [1, 2]. Поскольку защита от рентгеновского и гамма-излучений осуществляется, как правило, свинецсодержащими материалами, а бета-распады продуктов деления в подавляющем большинстве случаев сопровождаются гамма-излучением с энергией от нескольких кэВ до нескольких МэВ, то основное внимание мы уделяли созданию свинецсодержащих материалов. Содержание наполнителя в материале (свинец или его соединения) регулируется в процессе получения и колеблется от 0,1 до 0,5 г/см² в зависимости от его дальнейшего назначения.

Разработанный материал обладает высокой однородностью структуры и ровной радиационной плотностью, высокой защитной эффективностью к действию бета-излучения и мягкого гамма-излучения (табл. 1), стойко-

Таблица 1

Коэффициенты ослабления потоков γ -квантов и β -частиц при прохождении через защитные материалы

Число слоев защитного материала	Поверхностная плотность Pb (PbO), г/см ²	Коэффициенты ослабления		
		гамма-излучения		бета-излучения
		$E\gamma=88$ кэВ Cd-109	$E\gamma=200$ кэВ (расчетное)	$E\beta=2,26$ МэВ Sr ⁹⁰ — γ^{90}
1	0,3	2,42	1,60	20,8
2	0,6	5,58	2,48	150,0
3	0,9	11,50	3,64	210,0

Физико-механические свойства защитного материала до и после непрерывного γ -облучения (температура облучения — 20°С)

Поверхностная плотность Рb (РbO), г/см ²	Физико-механические характеристики после γ -облучения дозой, рад							
	кгс/см ² Разрушающая нагрузка,				относительное удлинение, %			
	0	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	0	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶
0,20	1,52	1,54	1,46	1,41	270	286	274	264
0,25	1,32	1,34	1,26	1,31	250	240	242	233
0,30	1,24	1,22	1,16	1,08	220	204	189	192

Таблица 3

Физико-гигиенические свойства защитного материала (содержание наполнителя в одном слое — 0,3 г/см²)

Показатели	Количество слоев защитного материала		
	1	2	3
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с	20,1	17,8	14,3
Паропроницаемость, мг/см ² ·ч	5,5	3,4	1,6
Суммарная влагопередача, %	59,2	38,4	30,3

стью к действию непрерывного гамма-облучения от источника Со-60 до доз 10⁶ рад (табл. 2). Материал сохраняет свои физико-гигиенические свойства (воздухо-, паропроницаемость, влагопередача) даже в трехслойном пакете (табл. 3).

Ускоренным методом термовлажностного старения определен срок сохранности защитного материала — 3 года с сохранением прочностных характеристик на уровне 80%. Испытания, проведенные в лаборатории дозиметрических исследований МНИИДнХ (Москва), показали сохранность и защитных свойств на уровне исходного у изделий, прошедших эксплуатацию в течение 3 лет.

Таким образом, проведенный комплекс испытаний защитного материала позволил рекомендовать его к использованию для создания СИЗ от радиации.

В МНИИДнХ был исследован ряд образцов защитного материала с различным содержанием наполнителя и определен свинцовый эквивалент, что позволяет соотносить эти величины (табл. 4).

В зависимости от первоначального уровня воздействующих факторов и необходимой степени их ослабления можно использовать материал с определенной степенью наполнения, что регулируется в процессе получения, или определенный пакет материалов.

Защитный материал может использоваться с целью создания СИЗ специального назначения для работ в условиях экстремального воздействия радиации, например при ликвидации последствий аварий на АЭС или при других аналогичных техногенных катастрофах, для изготовления защитных изделий при проведении регламентных и ремонтных работ на промышленных предприятиях, а также рентгенозащитных изделий для лечебных, научных и промышленных учреждений и предприятий.

Исходя из физиолого-гигиенических требований к СИЗ, удобства эксплуатации и возможности длительного их применения при выполнении аварийно-спасательных работ в условиях экстремального воздействия радиации, не представляется возможным применение защитной одежды, закрывающей все тело. Разработанная в связи с этим конструкция защитного изделия в виде жилета предусматривает

Таблица 4

Величина свинцового эквивалента защитных материалов с различным содержанием наполнителя

Содержание наполнителя, г/см ²	0,21	0,30	0,40	0,52	0,61	0,76	0,82	0,91	1,14	1,21
Свинцовый эквивалент, мм Рb	0,12	0,25	0,32	0,38	0,43	0,49	0,54	0,65	0,85	0,90

Продолжительность работы при камерных физиолого-гигиенических испытаниях изделий, мин

Комплектация	Умеренный климат		Жаркий климат	
	T=26±1°C;	φ=55±5%	T=40±1°C	T=100±1°C
	320±20, ккал/ч	420±20, ккал/ч	320±20, ккал/ч	320±20, ккал/ч
Жилет I+ЛАО (или РО)	480	360	120	—
Жилет I+ЗКПВ	90	55	30	—
Жилет II+ЗК с АСЖО	120*	95*	44	—
Жилет II+ЗК с АСВ-2	—	—	50	32

* Эксперимент прекращен в связи с полным расходом воздуха в системе.

Таблица 6

Расчет времени пребывания в защитном жилете в зоне бета-, гамма-излучений

Мощность дозы γ-излучения, мр/ч	Плотность потока β-частиц, част./см ² . с	Время пребывания в неделю, час	
		в жилете с плотностью 1,0 г/см ²	в жилете с плотностью 0,8 г/см ²
9	0	32,0	26,0
100	0	2,9	2,4
10	1000	24,0	11,4
10	4000	15,7	4,4
100	1000	2,9	2,1
100	4000	2,7	1,6

вала, во-первых, обеспечение укрытости жизненно важных участков тела человека, особенно критических органов I и II групп, во-вторых, возможность комбинации с костюмами изолирующего типа: защитным костюмом с автономной системой жизнеобеспечения (АСЖО), защитным костюмом с принудительной вентиляцией пододежного пространства (ЗКПВ), а также для выполнения регламентных работ в сочетании с летним армейским обмундированием (ЛАО) или рабочей одеждой (РО).

Жилет разработан и изготовлен в виде полукombineзона, нижняя часть которого заканчивается удлиненными шортами, рекомендуется сочетать с ЛАО, РО и ЗКПВ (жилет I). Для использования с изолирующим костюмом с АСЖО конструкция жилета в целом сохраняется той же, только в области спины предусмотрен вырез для системы АСЖО и разработан кожух для ее укрытия (жилет II). Для защиты головы предусмотрен капюшон с пелериной, закрывающей шею и область щитовидной железы.

Изделия имеют равновеликую защиту по всей площади; величина свинцового эквивалента — 0,75—0,80 мм Рb; масса в зависимости от размера — 14—16 кг. Жилет обеспечивает

снижение потока гамма-квантов с энергией до 200 кэВ (в 3 раза), потока бета-частиц с энергией до 2,5 МэВ (в 180—200 раз).

Испытаниями в климатической камере определено время работы в условиях умеренного и жаркого климата при нагрузках средней тяжести и тяжелой (табл. 5).

Проведены расчеты ориентировочного времени пребывания персонала в защитном жилете в зоне воздействия сочетанного бета-, гамма-излучений граничных энергий при различном первоначальном уровне излучения, при этом учитывали допустимую плотность потока бета-частиц (120 част./см².с) и предельно допустимую дозу гамма-излучения (2,9 мбэр/ч). Рассмотрены защитные изделия с плотностью свинца, равной 1,0 г/см² и 0,8 г/см². Результаты представлены в табл. 6.

Помимо изделий специального назначения, используемых в условиях экстремального воздействия радиации, разработан ряд защитных изделий технического назначения для проведения регламентных и ремонтных работ на промышленных предприятиях. Разработан фартук-халат с капюшоном, обеспечивающий ослабление бета-излучения от источника Sr⁹⁰—γ⁹⁰

($E\beta=2,26$ МэВ) в 15—20 раз при величине свинцового эквивалента 0,3 мм. Вес изделия — 8,5 кг. Кроме того, разработаны и изготовлены защитные изделия в конструкции комбинезона с теми же защитными характеристиками, но более комфортные в процессе работы. Вес изделия — 14 кг. Комбинезоны эксплуатируются на ПО «Маяк» в течение 1,5 лет и получили высокую оценку с точки зрения защитных и эргономических свойств.

Разработаны и изготовлены аварийные костюмы (куртка, брюки) для работы в зоне воздействия гамма-излучения от источника иридия-192 ($E\gamma=0,4$ МэВ). При весе от 14 до 16 кг в зависимости от размера костюмы обеспечивают снижение в 2 раза дозы облучения в области критических органов.

Защитный материал прошел широкий цикл исследований по защитной эффективности от рентгеновского излучения. В НИИВМ МО РФ оценены $K_{осл}$ рентгеновского излучения, величины и характер распределения доз в теле животных при экранировании защитным материалом, исследована биологическая эффективность защитных свойств материала в условиях воздействия ионизирующих излучений. Показаны высокие защитные свойства при действии рентгеновского излучения (табл. 7). Испытания проводились на рентгеновской установке РУМ-17, $H=180$ кВ, сила тока — 15 мА, расстояние от фильтра до облучаемой поверхности — 57 см.

Аналогичные результаты получены и при определении поглощенной дозы при проведении фантомно-дозиметрических исследований с использовани-

ем фантома животных и подтвержденные испытаниями на биообъектах с экстрополацией на организм человека.

Совместно с рентгенцентром РТ разработан ряд изделий для защиты от рентгеновского излучения, используемых для укрытия тех или иных органов как медперсонала, так и пациентов: рентгенозащитные фартуки, пелерины для защиты щитовидной и молочных желез, фартуки для защиты гонад, капюшоны и др.

Сочетание удачной конструкции изделий с более легким, чем просвинцованная резина, материалом при одинаковом значении свинцового эквивалента делает разработанные нами изделия предпочтительными по сравнению с существующими до сих пор серийными.

Ассортимент защитных изделий может быть расширен, исходя из специфики работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Замирова Л. Б., Кирисова А. П., Шарнин Г. П., Жилыев Г. Г., Зарипов И. Н. и др. / А. с. № 285207 от 01.12.88.
2. Замирова Л. Б., Шарнин Г. П., Жилыев Г. Г., Капустина Н. М. и др. / А. с. № 302665 от 02.10.89.
3. Симаков А. В., Кольшкин А. Е., Тарасенко Ф. Ю., Фомин Г. В. Ближайшие и отдаленные последствия радиационной аварии на Чернобыльской АЭС.— М., 1987.

Поступила 01.04.94.

TACTICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTIC OF INDIVIDUAL PROTECTION MEANS USING IN RADIATION DANGER

L. B. Zamirova, G. P. Sharnin, G. G. Zhilyaev, I. N. Zaripov, N. M. Kapustina
Summary

The protective material against radiation (beta-, gamma- and roentgen) obtained by means of mechanical filling of porous polymeric materials with water metal suspensions is developed. The filler content in the material and consequently, leaden equivalent quantity vary in the wide range (between 0,1 and 0,9 mm Pb) and are regulated in the process of material production. A number of protective products for the use in extreme radiation conditions, in regulated repairs at industrial works, as well as roentgen-protective means for medical scientific and industrial institutions and works is developed.

Таблица 7

Средние значения мощности экспозиционной дозы (р/мин) рентгеновского излучения при экранировании защитным материалом

Без защиты	С защитным материалом (0,3 г/см ²)		
	1 слой	2 слоя	3 слоя
37,0	13,0	5,0	1,8