

УДК 623.4

doi: 10.53816/23061456_2025_5-6_143

ИСПЫТАНИЯ ПРОТИВООСКОЛОЧНОЙ СТОЙКОСТИ ЗАЩИТНЫХ СТРУКТУР В ПОЛИГОННЫХ УСЛОВИЯХ

TESTING OF THE ANTI-SHATTER RESISTANCE OF PROTECTIVE STRUCTURES IN LANDFILL CONDITIONS

*Канд. техн. наук И.В. Гук¹, канд. техн. наук А.И. Спивак¹,
канд. техн. наук И.А. Спивак², С.Н. Васильева¹*

Ph.D. I.V. Guk, Ph.D. A.I. Spivak, Ph.D. I.A. Spivak, S.N. Vasileva

¹ НПО Спецматериалов, ² НИЦ(РВиА) Михайловской военной артиллерийской академии

В статье представлены результаты экспериментальных исследований противоосколочной стойкости защитных структур, изготовленных из стальных бронепластин толщиной 2,5 мм и 4,5 мм, бронепластин из алюминиевых сплавов толщиной 2,5 и 3,0 мм, бронепластин из титановых сплавов толщиной 4,0 мм подрывом противопехотных осколочных мин ПОМЗ-2М, ОЗМ-72, МОН-50 и противопехотной фугасной мины ПМН-2 в полигонных условиях. Показано, что все перечисленные металлические защитные структуры не обладают противоосколочной стойкостью к воздействию стальных осколков, образовавшихся при подрыве противопехотных осколочных мин ПОМЗ-2М, ОЗМ-72, МОН-50, на расстоянии в диапазоне 1,0–6,6 м. Перечисленные металлические защитные структуры обладают противоосколочной стойкостью к воздействию пластмассовых осколков, образовавшихся при подрыве противопехотной фугасной мины ПМН-2, на расстоянии 1,0 м.

Ключевые слова: противоосколочная стойкость, противопехотные осколочные мины, противопехотная фугасная мина, полигонные испытания, металлические защитные структуры.

The article presents the results of experimental studies of the anti-fragmentation resistance of protective structures made of steel armor plates 2,5 mm and 4,5 mm thick, armor plates made of aluminum alloys 2,5 and 3,0 mm thick, armor plates made of titanium alloys 4,0 mm thick by detonation of anti-personnel fragmentation mines POMZ-2M, OZM-72, MON-50 and anti-personnel high-explosive mine PMN-2 under testing ground conditions. It has been shown that all the above-mentioned metal protective structures do not have anti-fragmentation resistance to the impact of steel fragments formed during the detonation of anti-personnel fragmentation mines POMZ-2M, OZM-72, MON-50, at a distance in the range of 1,0–6,6 m. The above-mentioned metal protective structures have anti-fragmentation resistance to the impact of plastic fragments formed during the detonation of the anti-personnel high-explosive mine PMN-2, at a distance of 1,0 m.

Keywords: anti-fragmentation resistance, anti-personnel fragmentation mines, anti-personnel high-explosive mine, field tests, metal protective structures.

В настоящее время при разработке и производстве средств индивидуальной и коллективной бронезащиты широкое развитие получили защитные структуры (ЗС), изготовленные из металлических сплавов [1, 2]. При изготовлении таких ЗС чаще используются стальные бронепластины, а также бронепластины, изготовленные из титановых и алюминиевых сплавов.

Из отечественных алюминиевых сплавов чаще для изготовления образцов бронезащиты используют сплавы АБТ-101 (например, при изготовлении корпуса боевой машины десанта) и АБТ-102 (например, при изготовлении корпуса боевой машины пехоты БМП-3) [2, 3]. Сплав АБТ-101 обладает повышенной твердостью, которая доходила (по Бринеллю) до 160 НВ, но сравнительно небольшой ударной вязкостью, что являлось причиной появления трещин и отколов с тыльной стороны бронепластины в момент попадания пули или другого поражающего элемента. У сплава АБТ-102 твердость примерно на 10 % ниже, чем у АБТ-101, но ударная вязкость повышена более чем в половину. Благодаря этому сплав АБТ-102 менее подвержен трещинам и отколам, потому обладает повышенной противопульной и противоосколочной стойкостью.

В зарубежных образцах бронезащиты (например, бронетранспортере М113) применяется алюминиевая катаная броня, при этом легированный магнием сплав 5083 (ближайший отечественный аналог — алюминиевый сплав 5083) упрочняется наклепом без использования высоких температур [3]. Кроме этого, в образцах бронезащиты применяются термоупрочненные сплавы алюминия. Так, легированный цинком и магнием сплав 7039 используется на легких американских танках М551 General Sheridan и БМП М2 Bradley. Аналогичные алюминиевые

сплавы 7017 используются в английских разведывательных танках Scorpion, а сплав 7020 — во французских БМП AMX-10Р.

Алюминиевые сплавы также нашли широкое применение при производстве бронежилетов, шлемов и других элементов средств индивидуальной бронезащиты (СИБ) [4]. Вид бронежилета инд. 6Б1, содержащего бронепластины из алюминиевого сплава, представлен на рис. 1.

В элементах СИБ широкое применение нашли титановые сплавы, легированные хромом, алюминием, молибденом и другими материалами. Титановые сплавы с α -структурой ВТ5, ВТ5-1, содержанием 5 % алюминия и 2,5 % олова обладают средним уровнем прочности, не подвергаются термообработке и обладают очень высокой коррозионной стойкостью [2, 3].

Двухфазные титановые сплавы с $(\alpha+\beta)$ -структурой ВТ6, ВТ8, ВТ14, ВТ16 содержат в определенной пропорции алюминий, ванадий, молибден, хром, железо. Такие титановые сплавы отличаются сочетанием повышенных технологических и механических свойств. Однако эти титановые сплавы отличаются относительно невысоким модулем упругости 112 ГПа.

Однофазные β -сплавы редко используются в промышленном производстве, потому что для того, чтобы получить устойчивую β -структуру, сплавы необходимо легировать большим количеством β -стабилизаторов: V, Mo, Nb, Ta. При своей дороговизне, они повышают плотность сплавов, что отрицательно сказывается на их прочностных характеристиках.

В связи с этими обстоятельствами в элементах СИБ, например бронежилетах инд. 6Б2, серии 6Б5, серии 6Б12, инд. 6Б3ТМ, инд. 6Б4, чаще используются титановые сплавы с $(\alpha+\beta)$ -структурой (ВТ14, ВТ23) [4]. Вид бронежилета



Вид спереди



Вид сзади



Вид изнутри

Рис. 1. Вид бронежилета инд. 6Б1, содержащего бронепластины из алюминиевого сплава

инд. 6Б2, содержащего бронепластины из титанового сплава, представлен на рис. 2.

В России основными серийными стальными броневыми материалами, применяемыми в средствах индивидуальной и коллективной бронезащиты, являются среднелегированные стали «44», Ц85, «56» и СПС-43 [2]. Прочность этих серийных сталей находится в пределах 1700–2000 МПа, твердость — 48–54 HRC, пластичность — 8–12 %. ЗС, изготовленные из этих сталей, при толщине бронепластин до 6 мм обеспечивают защиту при обстреле обычными пулями из автоматов АК-74 и АК-47 с расстояния 10 м, при обстреле пулями со сталь-

ным термоупрочненным сердечником с расстояния 50 м [4]. Стали могут подвергаться специальным видам обработки как для получения лицевого слоя с повышенной твердостью, так и твердого внутреннего слоя и более пластичных наружных слоев, повышающих устойчивость бронепластин против раскалывания.

Вид бронежилета инд. 6Б23-1, содержащего стальные бронепластины, представлен на рис. 3.

Вид стальных бронепластин и бронепластин, изготовленных из алюминиевого и титанового сплавов, и размещенных в различных бронежилетах, представлен на рис. 4.

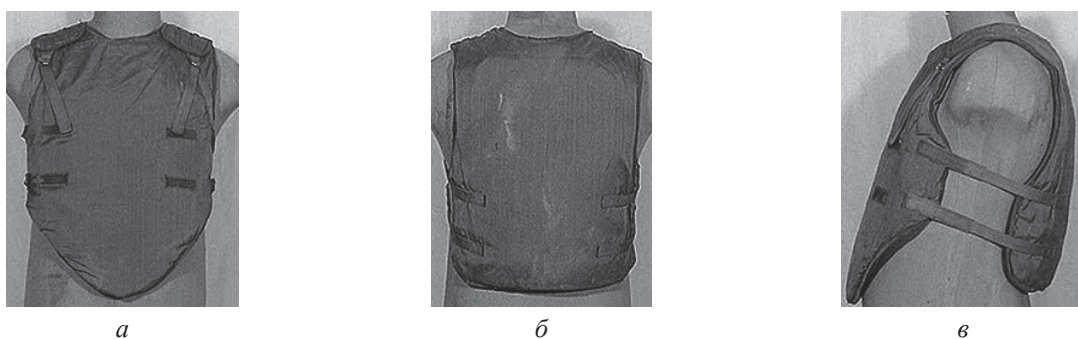


Рис. 2. Вид бронежилета инд. 6Б2, содержащего бронепластины из титанового сплава:
а — вид спереди; б — вид сзади; в — вид сбоку



Рис. 3. Вид бронежилета инд. 6Б23-1, содержащего стальные бронепластины:
а — вид спереди; б — вид сзади; в — вид изнутри

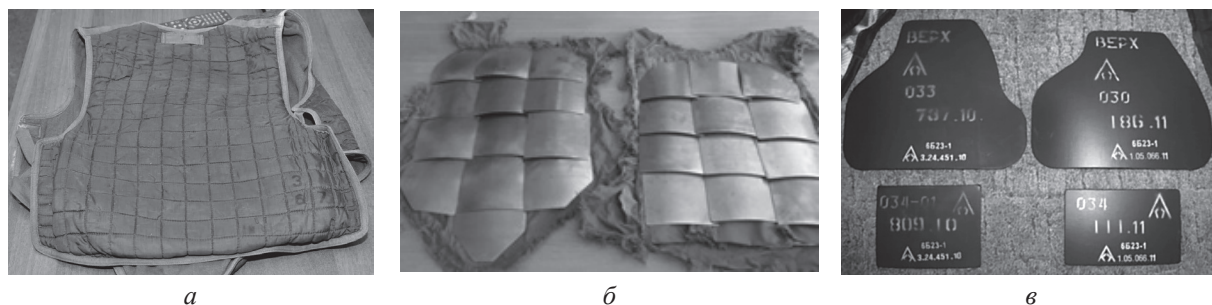


Рис. 4. Вид бронепластин, размещенных в различных бронежилетах:
а — бронежилет инд. 6Б1 (бронепластины из алюминиевого сплава); б — бронежилет инд. 6Б2 (бронепластины из титанового сплава); в — бронежилет инд. 6Б23-1 (стальные бронепластины)

В связи с отмеченными обстоятельствами практический интерес представляет исследование противоосколочной стойкости металлических ЗС, содержащихся в средствах коллективной и индивидуальной бронезащиты [5, 6] при подрыве отечественных противопехотных осколочных мин.

В качестве объектов испытаний были использованы следующие ЗС:

- стальная бронепластина толщиной 4,5 мм;
- стальная бронепластина толщиной 2,5 мм;
- бронепластина из алюминиевого сплава толщиной 2,5 мм;
- бронепластина из алюминиевого сплава толщиной 3,0 мм;
- бронепластина из титанового сплава толщиной 4,0 мм.

В качестве средств поражения были использованы противопехотная осколочная мина кругового поражения ПОМЗ-2М, противопехотная выпрыгивающая осколочная мина ОЗМ-72 кругового поражения и противопехотная осколочная мина МОН-50 направленного поражения.

важная осколочная мина ОЗМ-72 кругового поражения, противопехотная осколочная мина МОН-50 направленного поражения и фугасная мина нажимного действия ПМН-2. Общие сведения о средствах поражения представлены в табл. 1 [7].

Испытания проводились подрывом мин в мишенной обстановке с использованием электродетонаторов. ЗС размещались на щитах, изготовленных из сухих сосновых досок толщиной 25 мм [8–10]. За щитами размещались улавливатели осколков, изготовленные из деревянных ящиков, заполненные песком. Вид мишенной обстановки представлен на рис. 5 [11–13].

Вид средств поражения перед испытаниями в мишенной обстановке представлен на рис. 6.

В выпрыгивающих минах ОЗМ-72 перед испытаниями были охлаждены вышибные заряды. Подрыв этих мин осуществлялся в статических условиях с целью обеспечения гарантированного попадания осколков в исследуемые ЗС.

Таблица 1

Сведения о средствах поражения

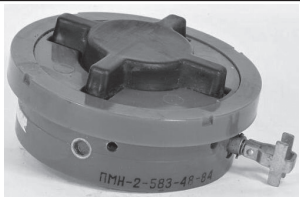
№ п/п	Наименование средства поражения	Вид средства поражения	Характеристика средства поражения
1	Противопехотная осколочная мина кругового поражения ПОМЗ-2М		Мина ПОМЗ-2М состоит из чугунного корпуса массой 1,2 кг, имеющего по внешней поверхности насечки. В корпусе мины размещен заряд взрывчатого вещества (тротила) массой 0,075 кг. Диаметр корпуса мины — 6 см, высота корпуса мины — 10,7 см
2	Противопехотная выпрыгивающая осколочная мина ОЗМ-72 кругового поражения		Мина ОЗМ-72 состоит из стального корпуса, снаряженного стальными цилиндриками (2400 шт.). Масса мины — 5 кг, масса разрывного заряда — 0,66 кг (МС)
3	Противопехотная осколочная мина МОН-50 направленного поражения		Мина МОН-50 состоит из пластмассового корпуса, снаряженного 489–540 шт. поражающими элементами (шариками или роликами). Масса мины — 2 кг, масса разрывного заряда — 0,7 кг (ПВВ-4). Поражение целей осуществляется в секторе 54°
4	Противопехотная фугасная мина нажимного действия ПМН-2		Мина ПМН-2 состоит из пластмассового герметичного корпуса, в котором размещен разрывной заряд массой 0,1 кг (ТГ-40). Масса мины — 0,4 кг. Усилие срабатывания мины — 5–25 кг. Диаметр корпуса мины 120 мм, высота корпуса — 54 мм



Рис. 5. Вид мишенной обстановки

Расстояния от средств поражения до объектов испытаний были различные и представлены в табл. 2.

При проведении испытаний определялись скорости осколков, образовавшихся при подрыве мин, с использованием контактной блокировки участка траектории рамами-мишенями. Запуск измерительной цепи производился при подрыве мин, а остановка — при пробитии осколком рамы-мишени [14, 15]. Кроме этого, определялись массогабаритные характеристики осколков, извлеченных из улавливателей.

При подрыве мин ПОМЗ-2М было установлено, что при дроблении корпуса мин образуются осколки массой от тысячных долей грамма до 4 г. Причем осколки, имеющие массу менее

0,05 г, составляют основную долю осколков (более 68 %). При вскрытии улавливателя осколков, передняя панель которого была изготовлена из сухих сосновых досок толщиной 25 мм (имитатор живой силы) [2], внутри улавливателя были обнаружены осколки массой 0,05...2,53 г. Таким образом, осколки массой более 0,05 г являются убийными [11]. Распределение по массам убийных осколков, образующихся при подрыве мин ПОМЗ-2М, представлено на рис. 7.

В связи с тем, что процесс дробления оболочки мины ПОМЗ-2М при взрыве и взаимодействии полученных осколков с ЗС зависит от множества факторов и носит вероятностный характер (образование осколков различных массовых групп, имеющих различные импульсы; распределение и пространственная ориентация осколков в секторе их разлета и т.д.), полученные экспериментальные значения скоростей осколков характеризуются большой дисперсией [16, 17]. Однако тенденцию изменения осредненных значений скоростей осколков в зависимости от расстояния до места подрыва мины ПОМЗ-2М можно представить в виде графика (рис. 8).

При подрыве мин ОЗМ-72 было установлено, что корпуса их в качестве готовых поражающих элементов содержат цилиндрики. После серии



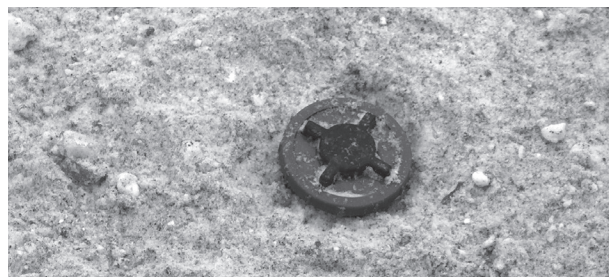
а



б



в



г

Рис. 6. Вид средств поражения перед испытаниями: а — мина ПОМЗ-2М; б — мина ОЗМ-72; в — мина МОН-50; г — мина ПМН-2



Рис. 7. Распределение по массам убийных осколков, образующихся при подрыве мин ПОМЗ-2М

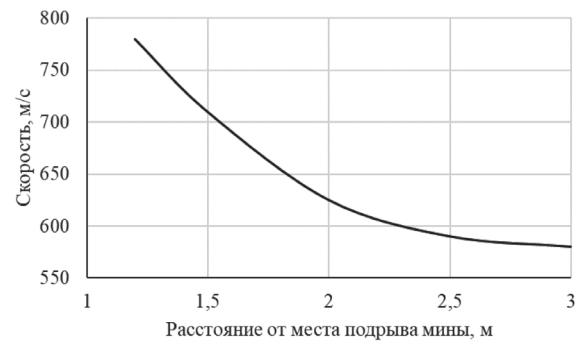


Рис. 8. Зависимость средних значений скоростей осколков, образовавшихся при подрыве мин ПОМЗ-2М, от расстояния до места подрыва мины

подрывов из улавливателей осколков были извлечены цилиндрики, распределение по массовым группам которых представлено на рис. 9 [11].

Анализ результатов, представленных на рис. 9, показывает, что большинство цилиндриков, содержащихся в корпусе мин ОЗМ-72, имеет массу в диапазоне 0,75...0,8 г. При этом существуют как более мелкие (до 0,66 г), так и более крупные (до 0,87 г) поражающие элементы.

Зависимость экспериментальных значений скоростей разлета поражающих элементов, образующихся при подрыве мины ОЗМ-72, от расстояния до места разрыва мины представлена на рис. 10.

При подрыве мин МОН-50 было установлено, что их корпуса в качестве готовых поражающих элементов содержат стальные шарики массой 1,043...1,056 г.

Среднее значение скорости поражающих элементов на расстоянии 5 м от места подрыва мины МОН-50 составляет 1060 м/с [12].

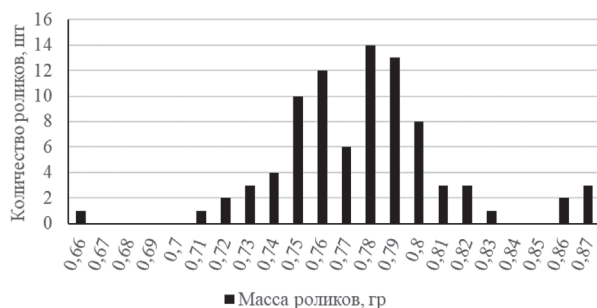


Рис. 9. Распределение цилиндриков по массовым группам, образующихся при подрыве мин ОЗМ-72

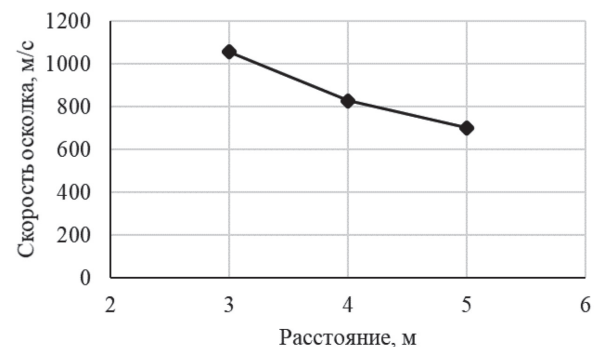
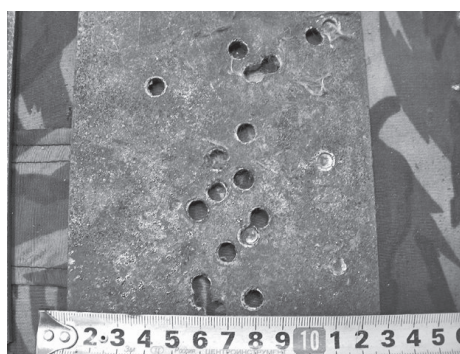


Рис. 10. Зависимость средних значений скоростей осколков, образовавшихся при подрыве мин ОЗМ-72, от расстояния до места подрыва мины

Таблица 2

**Результаты испытаний 3С на противоосколочную стойкость подрывом противопехотных мин
ПОМЗ-2М, ОЗМ-72, МОН-50, ПМН-2**

№ п/п	Состав защитной структуры	Средство поражения	Расстояние, м	Количество попаданий, шт.	Количество пробитий, шт.
1	Стальная бронепластина толщиной 2,5 мм	противопехотная осколочная мина кругового поражения ПОМЗ-2М	1,0	12	11
			2,0	9	7
			4,0	4	3
		противопехотная выпрыгивающая осколочная мина ОЗМ-72 кругового поражения	5,0	11	7
		противопехотная осколочная мина МОН-50 направленного поражения	5,0	7	6
		фугасная мина ПМН-2	1,0	11	0
2	Стальная бронепластина толщиной 4,5 мм	противопехотная осколочная мина кругового поражения ПОМЗ-2М	1,0	7	5
		противопехотная выпрыгивающая осколочная мина ОЗМ-72 кругового поражения	3	28	24
			4,75	4	3
		противопехотная осколочная мина МОН-50 направленного поражения	3	24	18
			5	22	15
		фугасная мина ПМН-2	1	4	0
3	Бронепластина из алюминиевого сплава толщиной 2,5 мм	противопехотная осколочная мина кругового поражения ПОМЗ-2М	3	11	10
		противопехотная выпрыгивающая осколочная мина ОЗМ-72 кругового поражения	6,6	6	6
		противопехотная осколочная мина МОН-50 направленного поражения	5	11	11
		фугасная мина ПМН-2	1	4	0
4	Бронепластина из алюминиевого сплава толщиной 3,0 мм	противопехотная осколочная мина кругового поражения ПОМЗ-2М	3	6	4
			4	22	17
		противопехотная выпрыгивающая осколочная мина ОЗМ-72 кругового поражения	5	9	8
		противопехотная осколочная мина МОН-50 направленного поражения	5	13	12
5	Бронепластина из титанового сплава толщиной 4,0 мм	противопехотная осколочная мина кругового поражения ПОМЗ-2М	3	6	2
			3	14	13
		противопехотная выпрыгивающая осколочная мина ОЗМ-72 кругового поражения	5	7	5
			6,6	3	1
		противопехотная осколочная мина МОН-50 направленного поражения	3	36	34
			5	37	33



а



б

Рис. 11. Вид ЗС, состоящей из стальной бронепластины толщиной 4,5 мм, после подрыва мины МОН-50 на расстоянии 3 м: а — лицевая сторона; б — тыльная сторона

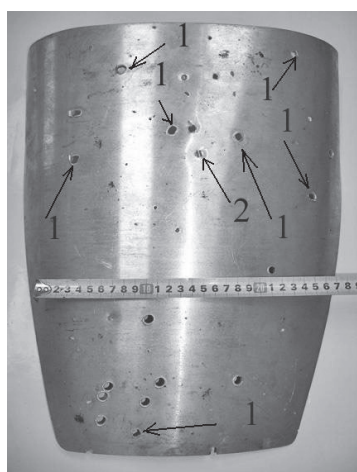


Рис. 12. Вид ЗС, состоящей из бронепластины из алюминиевого сплава толщиной 3 мм, после испытаний подрывом мины ОЗМ-72 на расстоянии 5 м: 1 — сквозные пробоины ЗС; 2 — попадание

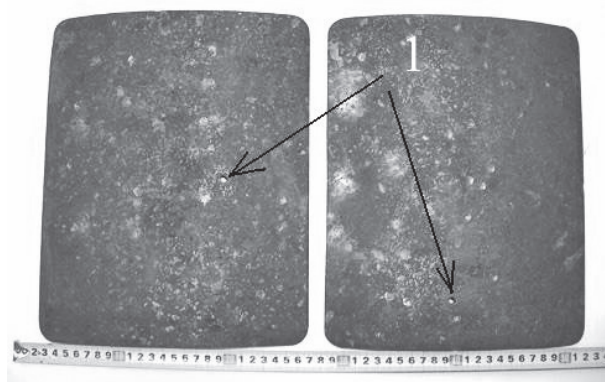


Рис. 13. Вид ЗС, состоящей из стальной бронепластины толщиной 4,5 мм, после испытаний подрывом мины ОЗМ-72 на расстоянии 5 м: 1 — сквозные пробоины ЗС

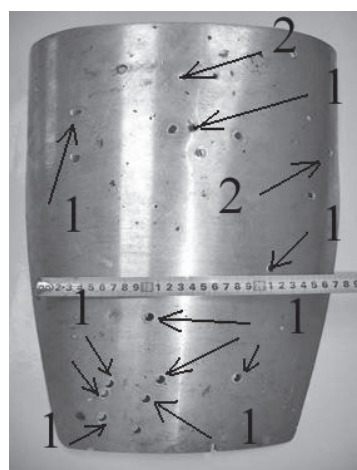


Рис. 14. Вид ЗС, состоящей из бронепластины из алюминиевого сплава толщиной 3 мм, после испытаний подрывом мины МОН-50 на расстоянии 5 м: 1 — сквозные пробоины ЗС; 2 — попадание осколка в ЗС

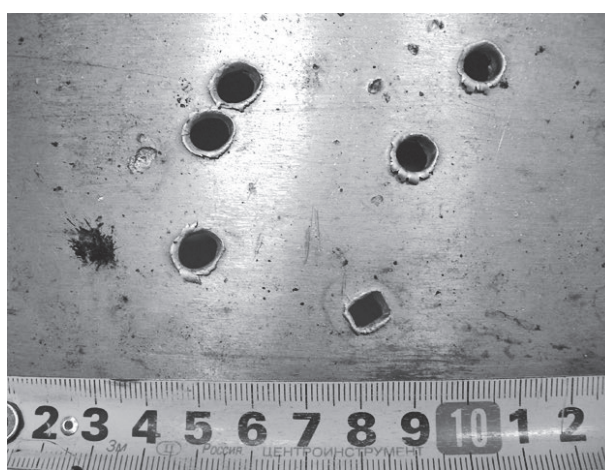


Рис. 15. Вид ЗС, состоящей из бронепластины из алюминиевого сплава толщиной 2,5 мм, после испытаний подрывом мины МОН-50 на расстоянии 5 м (сквозные пробоины защитной структуры)

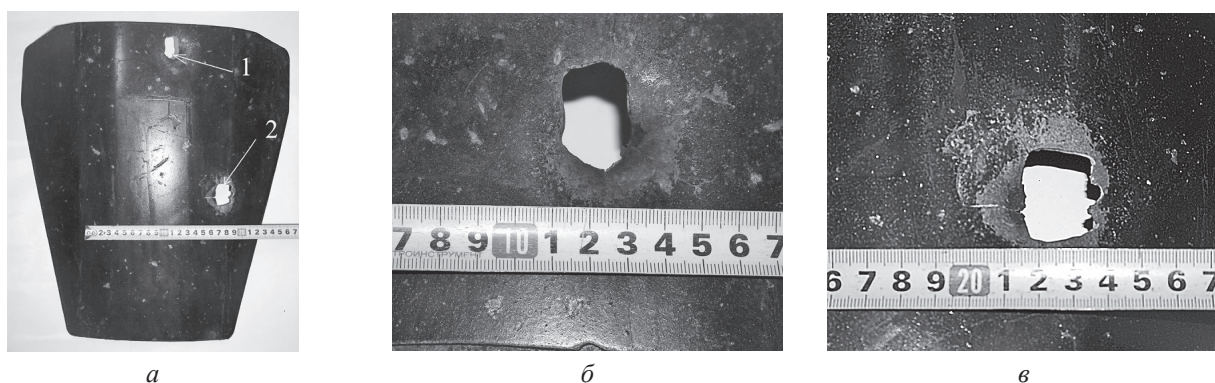


Рис. 16. Вид ЗС, состоящей из стальной бронепластины толщиной 2,5 мм, после испытаний подрывом мины ПОМЗ-2М на расстоянии 4 м:
а — общий вид; б — вид пробоины 1; в — вид пробоины 2; 1, 2 — сквозные пробоины ЗС



Рис. 17. Вид ЗС, состоящей из бронепластин из титанового сплава толщиной 4 мм, после испытаний подрывом мины МОН-50 на расстоянии 5 м (сквозные пробоины защитной структуры)

расстояниях 5 м при подрыве противопехотной мины ОЗМ-72 при скорости осколков 700 м/с и при подрыве противопехотной мины МОН-50 при скорости осколков 1060 м/с.

Стальная бронепластина толщиной 4,5 мм не обеспечивает противоосколочной стойкости на расстоянии 1 м при подрыве противопехотной мины ПОМЗ-2М при скорости осколков 800 м/с. Стальная бронепластина толщиной 4,5 мм не обеспечивает противоосколочной стойкости на расстояниях 3–4,75 м при подрыве противопехотной мины ОЗМ-72 в диапазоне скоростей осколков 750–1050 м/с и на расстоянии 3–5 м при подрыве противопехотной мины МОН-50 при скорости осколков 1060 м/с.

Бронепластина из алюминиевого сплава толщиной 2,5 мм не обеспечивает противоосколочной стойкости на расстоянии 3 м при подрыве противопехотной мины ПОМЗ-2М при скорости осколков более 1060 м/с, на расстоянии 6,6 м при подрыве противопехотной мины ОЗМ-72 при

скорости осколков 550 м/с, на расстоянии 5 м при подрыве противопехотной мины МОН-50 при скорости осколков 1060 м/с.

Бронепластина из алюминиевого сплава толщиной 3 мм не обеспечивает противоосколочной стойкости на расстоянии 3 м при подрыве противопехотной мины ПОМЗ-2М при скорости осколков в диапазоне 810–1060 м/с, на расстоянии 5 м при подрыве противопехотной мины ОЗМ-72 при скорости осколков 700 м/с и при подрыве противопехотной мины МОН-50 при скорости осколков 1060 м/с.

Бронепластина из титанового сплава толщиной 4 мм не обеспечивает противоосколочной стойкости на расстоянии 3 м при подрыве противопехотной мины ПОМЗ-2М при скорости осколков 585 м/с, на расстоянии 3–6,6 м при подрыве противопехотной мины ОЗМ-72 в диапазоне скоростей осколков 350–1050 м/с и на расстоянии 3–5 м при подрыве противопехотной мины МОН-50 при скорости осколков 1060 м/с.

Стальные бронепластины толщиной 2,5 мм и 4,5 мм, бронепластины из алюминиевого сплава толщиной 2,5 и 3 мм, бронепластина из титанового сплава толщиной 4 мм обеспечивают противоосколочную стойкость на расстоянии 1 м при подрыве противопехотной фугасной мины ПМН-2 при скорости пластмассовых осколков 917 м/с.

Полученные результаты по оценке противоосколочной стойкости металлических защитных структур подрывом противопехотных мин в полигонных условиях коррелируют с результатами оценки противоосколочной стойкости этих защитных структур, полученных в лабораторных условиях с использованием стандартных имитаторов осколков — стальных шариков массой 1,05 г (диаметр — 6,35 мм) по ГОСТ 3722–2014.

В результате лабораторных испытаний на противоосколочную стойкость стальных бронепанелей, изготовленных из стали СПС-43, в диапазоне толщин от 2,5 до 6,5 мм получена статистическая модель вида показателя противоосколочной стойкости — скорости 50 % непробития ЗС $V_{50\%}$, которая имеет вид [8, 18]:

$$V_{50\%} = 35,37 \delta^2 - 127,92 \delta + 420,07,$$

где δ — толщина ЗС, мм.

Коэффициент корреляции статистической модели составляет 0,997.

С использованием статистической модели были определены показатели противоосколочной стойкости для ЗС в виде стальных бронепластин толщиной 2,5 мм и 4,5 мм, значения которых составили 560 м/с и 321 м/с. На основе полученных результатов, скорость 100 % непробития ЗС в виде стальной бронепластины толщиной 2,5 мм составит 261 м/с, а в виде стальной бронепластины толщиной 4,5 мм — 500 м/с.

Полученные в ходе лабораторных испытаний результаты объясняют причину полученной при полигонных испытаниях неудовлетворительной противоосколочной стойкости ЗС в виде стальных бронепластин толщиной 2,5 мм и 4,5 мм при взаимодействии с осколками массой около 1 г, образующимися при подрыве противопехотных мин ПОМЗ-2М, ОЗМ-72, МОН-50, в диапазоне скоростей от 550 м/с до 1060 м/с.

Таким образом, полученные в полигонных условиях экспериментальные данные позволяют оценить реальную противоосколочную стойкость

ЗС, изготовленных из стальных бронепластин толщиной 2,5 и 4,5 мм, бронепластин из алюминиевого сплава толщиной 2,5 и 3,0 мм, бронепластин из титанового сплава толщиной 4 мм при различных скоростях осколков, образующихся при подрыве противопехотных осколочных мин ОЗМ-72, МОН-50 и ПОМЗ-2М и противопехотной фугасной мины ПМН-2. Использование полученных экспериментальных данных позволит повысить достоверность оценок защитных свойств ЗС, изготовленных из металлических сплавов, полученных в лабораторных условиях в результате оценки противоосколочной стойкости ЗС по ГОСТ Р 55623 с использованием стандартных инденторов — стальных шариков массой 1,05 г (диаметр 6,35 мм) по ГОСТ 3722.

Список источников

1. Сильников М.В., Химичев В.А. Средства индивидуальной бронезащиты. СПб.: Фонд «Университет», 2000. 480 с.
2. Концептуальные основы создания средств индивидуальной защиты. Часть 1. Бронежилеты; под общей ред. В.Г. Михеева. М.: Межакадемическое изд-во «Вооружение. Политика. Конверсия». 2003. 340 с.
3. Металлическая броня на основе сплавов алюминия и титана. URL: <https://sfera-nt.ru/article> (дата обращения: 02.02.2025).
4. Средства индивидуальной бронезащиты. Руководство службы. М.: Братишка, 2004. 80 с.
5. Васильева С.Н., Денисов А.В., Гук И.В. Модель оценки поражения живой силы в средствах индивидуальной бронезащиты // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2022. № 5–6 (167–168). С. 76–84.
6. Спивак А.И., Васильева С.Н., Ланцов. Ю.Е. и др. К вопросу о перспективах развития средств защиты конечностей из состава боевой индивидуальной экипировки // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2025. № 3–4. С. 122–134.
7. Справочник сапера: учеб. пособие. М.: Военная книга, 2024. 232 с.
8. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Спивак И.А. и др. К вопросу оценки противоосколочной стойкости защитных композиций при высокоскоростном взаимодействии с поражающими элементами

ми // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XII Всероссийской научно-практической конференции. Технические средства противодействия терроризму и нелетальное оружие. 2009. Том 1. С. 169–170.

9. Спивак И.А., Борисов Н.Н. Экспериментальная оценка поражающего действия модельных взрывных устройств // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2010. № 5–6. С. 45–49.

10. Спивак И.А. Методические основы оценки противоосколочной стойкости средств индивидуальной бронезащиты в приведенных условиях // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 5–6. С. 77–81.

11. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Спивак И.А. и др. Исследование баллистических характеристик осколков, образующихся при подрыве противопехотных мин ОЗМ-72, ПОМЗ-2М // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XIII Всероссийской научно-практической конференции. Технические средства противодействия терроризму и оружие нелетального действия. 2010. Том 2. С. 125–127.

12. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Дмитриев В.Я. К вопросу экспериментальной оценки противоосколочной стойкости защитных структур, изготовленных из высокомолекулярного полиэтилена, подрывом МОН-50 // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XIII Всероссийской научно-практической конференции. Технические средства противодействия терроризму. 2010. Том 2. С. 316–318.

13. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Спивак И.А. и др. Особенности разрушения пластмассовых корпусов при подрыве пластмассовых корпусов // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2010. № 11–12. С. 99–100.

14. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Дмитриев В.Я. и др. Экспериментальная оценка противоосколочной стойкости мобильного укрытия «Бастион» // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2013. № 9–10. С. 24–27.

15. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Дмитриев В.Я. и др. Экспериментальная оценка баллистических параметров высокоскоростных поражающих элементов в осколочном потоке боль-

шой плотности // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2016. № 7–8. С. 76–81.

16. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Дмитриев В.Я. и др. К вопросу оценки противоосколочной стойкости защитных структур // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2014. № 1–2. С. 68–72.

17. Пучков А.С., Спивак А.И., Ланцов Ю.Е. Проблемные вопросы оценки противоосколочной стойкости защитных структур // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XVI Всероссийской научно-практической конференции. Технические средства противодействия терроризму. 2023. Том 2. С. 49–52.

18. Пучков А.С., Спивак А.И., Печеник Р.А. и др. Некоторые актуальные вопросы совершенствования средств защиты органов таза из состава боевой индивидуальной экипировки // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2024. № 11–12. С. 121–134.

References

1. Silnikov M.V., Khimichev V.A. Personal armor protection equipment. St. Petersburg: University Foundation, 2000. 480 p.

2. Conceptual foundations for the creation of personal protective equipment. Part 1. Bulletproof vests. General editor V.G. Mikheev. Moscow: Interacademic publishing house «Armament. Politics. Conversion». 2003. 340 p.

3. Metal armor based on aluminum and titanium alloys. URL: <https://sfera-nt.ru/article> (date of access: 02.02.25).

4. Personal body armor. Service manual. Moscow: Bratishka, 2004. 80 p.

5. Vasilyeva S.N., Denisov A.V., Guk I.V. Model for assessing the damage to manpower in personal body armor // Issues of Defense Equipment. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2022. No 5–6 (167–168). Pp. 76–84.

6. Spivak A.I., Vasilyeva S.N., Lantsov Yu.E. et al. On the prospects for the development of limb protection equipment from individual combat equipment // Issues of Defense Equipment. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2025. No 3–4. Pp. 122–134.

7. Sapper's handbook. Study guide. Moscow: Military book, 2024. 232 p.
8. Vasiliev N.N., Spivak A.I., Spivak I.A. et al. On the issue of assessing the anti-fragmentation resistance of protective compositions during high-speed interaction with damaging elements // Actual problems of protection and security. Proceedings of the 12th All-Russian Scientific and Practical Conference. Technical means of counteracting terrorism and non-lethal weapons. 2009. Vol. 1. Pp. 169–170.
9. Spivak I.A., Borisov N.N. Experimental assessment of the damaging effect of improvised explosive devices // Issues of defense equipment. Series 16. Technical means of counteracting terrorism. 2010. No 5–6. Pp. 45–49.
10. Spivak I.A. Methodological principles for assessing the anti-fragmentation resistance of personal armor protection equipment under the given conditions // Issues of defense equipment. Series 16. Technical means of counteracting terrorism. 2019, No 5–6. Pp. 77–81.
11. Vasiliev N.N., Spivak A.I., Spivak I.A. et al. Study of ballistic characteristics of fragments formed during detonation of anti-personnel mines OZM-72, POMZ-2M // Actual problems of protection and security. Proceedings of the 13th All-Russian Scientific and Practical Conference. Technical means of countering terrorism and non-lethal weapons. 2010 Vol. 2. Pp. 125–127.
12. Vasiliev N.N., Spivak A.I., Dmitriev V.Ya. On the issue of experimental assessment of anti-fragmentation resistance of protective structures made of high molecular weight polyethylene, detonation of MON-50 // Actual problems of protection and security. Proceedings of the 13th All-Russian Scientific and Practical Conference. Technical means of countering terrorism. 2010. Vol. 2. Pp. 316–318.
13. Vasiliev N.N., Spivak A.I., Spivak I.A. et al. Features of destruction of plastic cases during detonation of plastic cases // Issues of defense equipment. Series 16. Technical means of counteracting terrorism. 2010, No 11–12. Pp. 99–100.
14. Vasiliev N.N., Spivak A.I., Dmitriev V.Ya. et al. Experimental assessment of anti-fragmentation resistance of the Bastion mobile shelter // Issues of defense equipment. Series 16. Technical means of counteracting terrorism. 2013. No 9–10. Pp. 24–27.
15. Vasiliev N.N., Spivak A.I., Dmitriev V.Ya. et al. Experimental evaluation of ballistic parameters of high-speed striking elements in a high-density fragmentation flow // Issues of defense equipment. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2016. No 7–8. Pp. 76–81.
16. Vasiliev N.N., Spivak A.I., Dmitriev V.Ya. et al. On the issue of assessing the anti-fragmentation resistance of protective structures // Issues of defense equipment. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2014. No 1–2. Pp. 68–72.
17. Puchkov A.S., Spivak A.I., Lantsov Yu.E. Problematic issues of assessing the anti-fragmentation resistance of protective structures // Actual problems of protection and security. Proceedings of the 26th All-Russian Scientific and Practical Conference. Technical means of countering terrorism. 2023. Vol. 2. Pp. 49–52.
18. Puchkov A.S., Spivak A.I., Pechenik R.A. et al. Some current issues of improving the means of protecting the pelvic organs from individual combat equipment // Issues of defense equipment. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2024. No 11–12. Pp. 121–134.