УДК 669; 623

АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ И ИХ СВОЙСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ

Мыльников В.В., Абросимов А.А., Романов И.Д., Романов А.Д.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, e-mail: mrmylnikov@mail.ru

В статье представлен анализ развития эффективных средств индивидуальной бронезащиты в различные периоды времени. Приведены сравнительные характеристики по противопульной стойкости высокомолекулярного полиэтилена и керамики с металлической броней.

Ключевые слова: индивидуальная бронезащита, бронежилет, противопульная стойкость.

THE ANALISIS OF MATERIALS AND THEIR PROPERTIES APPLIED TO MEANS INDIVIDUAL ARMORED PROTECTION

Mylnikov V.V., Abrosimov A.A., Romanov I.D., Romanov A.D.

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, e-mail: mrmylnikov@mail.ru

The analysis of development of effective remedies of an individual armored protection is presented in article during various periods of time. Comparative characteristics on bullet-proof firmness of high-molecular polyethylene and ceramics with metal armor are provided.

Keywords: individual armored protection, bullet-proof vest, bullet-proof firmness.

С середины XIX века до Первой мировой войны средства индивидуальной защиты пехотинца практически не применялись. Однако развитие скорострельной артиллерии, оснащенной разрывными (фугасными, осколочными и шрапнельными) снарядами, привело к пониманию необходимости оснащения пехоты противоосколочными средствами защиты, как минимум головы. Войска некоторых стран (Германия, Англия, Бельгия) располагали также нагрудниками и кирасами.

Первая мировая война с массовым применением пулеметов, инженерных заграждений и скорострельной артиллерии с одной стороны, и отсутствие бронемеханизированных частей с другой, привело к позиционному характеру войны. В этих условиях кирасы оказались не только очень тяжелыми и неудобными, но и слишком слабыми для защиты от выстрелов в упор. В результате пехоте из средств защиты оставили только противоосколочные шлемы без полей, а защитные жилеты отдали артиллеристам. Противопульные же шлемы применяли наблюдатели и снайперы, которым не нужно было активно двигаться на поле боя, т.к. для них большая носимая масса не являлась критичным фактором [1].

Для противопульной защиты головы применялись в основном стальные шлемы, но они могли защитить лишь от обстрела с большой дистанции. С появлением пуль со стальным сердечником и распространением индивидуального оружия под промежуточный (автоматный) патрон, эффективность таких шлемов уменьшилась. Попытки оснастить их противопульными налобниками предпринимались со времен Первой Мировой Войны [2], но не дали результата, так как винтовочная пуля даже при не пробитии налобника передает большой импульс голове и ломает шейные позвонки. Для гашения импульса винтовочного патрона масса шлема должна быть не менее 8 кг, а автоматного – не менее 4-6 кг в зависимости от калибра.

Вторая мировая война в целом подтвердила выводы Первой мировой. Однако заметным ее отличием стало появление механизированных частей, что изменило характер войны с окопного на маневренный. Стальные нагрудники нашли применение только при ведении боевых действий в городах, в частности в штурмовых инженерно-саперных подразделениях, когда бойцы перемещались на поле боя преимущественно бегом, а не ползком. В качестве защитного средства в пехоте практически всех армий применялся лишь стальной шлем.

Разработка эффективных средств индивидуальной бронезащиты является сложной задачей ввиду большого числа противоречащих друг другу тактико-технических требований и факторов, влияющих на боевую эффективность, а также невозможности точного предсказания характера будущей войны. При этом на защищающие возможности изделий непосредственное влияние

оказывает научно-технический прогресс в материаловедении и областях конечной баллистики, посвященных синтезу и оптимизации защитных структур. В последнее время отмечается достаточно динамичное развитие науки и техники в этих областях. Все более широкое применение находит сверхвысокомодульный полиэтилен (СВМПЭ) и броневая керамика, оптимизируются структуры на основе арамидных тканей, развиваются методы расчета и синтеза структур, уточняются требования к уровням и площадям защиты – средства индивидуальной бронезащиты (СИБ). Поэтому можно прогнозировать быстрый прогресс средств защиты, появление новых изделий. В связи с этим важно не терять связь с прошлым и понимать ход развития средств защиты, чтобы не следовать слепо моде и рекламе, не повторять старых ошибок и оперативно отвечать на требования современной военно-технической ситуации.

Целью представленной работы является анализ материалов и их свойств, применяемых для средств индивидуальной бронезащиты, что поможет по-новому взглянуть на проблему защиты бойца в современных условиях.

Максимальная эффективность СИБ проявляется при выполнении боевых задач, не связанных с длительными активными передвижениями: несение караульной службы, марши на технике, кратковременные штурмовые акции, поэтому применение грудных и спинных бронепанелей оправдано только при малоподвижных действиях бойца в вертикальном положении. При длительных маршах, ведении боевых действий в горных условиях, разведке и прочих видах боевой деятельности, требующих предельного напряжения сил, ношение противопульных бронепанелей нецелесообразно.

В разных странах ведется активная работа по совершенствованию отдельных элементов, в том числе средств индивидуальной бронезащиты:

Противопульные панели на основе керамики и стеклопластика впервые нашли свое применение в защите экипажей вертолетов, действовавших во Вьетнаме. В комплект входили бронепанели защиты спинки и сидения кресла пилота, боковые бронепанели, вставляемые в двери, и броневые нагрудники показавшие высокую боевую эффективность [3].

В СССР в этот период в институте ВИАМ был разработан противоосколочный бронежилет 6Б1, принятый на снабжение в 1956 году. Бронежилет имел различные уровни защиты груди, живота и спины. Защитная композиция его состояла из бронепанелей, выполненных из мягкого алюминия (сплав АМг7ц с твердостью 95 НВ), и тыльного подпора из ткани авизент (аналог нейлона). Благодаря этому решению пули от наружной поверхности бронеплиты не рикошетили, а при пробитии не деформировались, что не приводило к увеличению тяжести ранения. После начала боевых действий в Афганистане вся опытная партия бронежилетов 6Б1 была передана в войска. Подобными защитными характеристиками обладал разработанный в НИИ Стали в 1979 году бронежилет 6Б2. При его разработке была поставлена задача при той же площади и уровне защиты сократить массу жилета на 10..15%. Задача была выполнена – масса жилета составила 4,4 кг против 5,2 кг у 6Б1. Однако его защитная структура включала в себя бронепанели из высокотвердого титанового сплава и пакет из арамидной ткани СВМ, что в случае пробития приводило к демонтажу пули и увеличению тяжести ранения. При разработке бронежилета 6Б1 броневые стали, титановые и высокотвердые алюминиевые сплавы также рассматривались в качестве альтернативных броневых материалов, однако были отвергнуты по причине деформации и демонтажа пули при пробитии. Кроме того, за счет применения дефицитной ткани СВМ, в несколько раз выросла стоимость жилета, а гарантийный срок хранения уменьшился с 10 до 5 лет.

В США фирмой «Дюпон» в этот период было разработано свое арамидное волокно – Кевлар. Его применение позволило резко поднять защищающие свойства СИБ без увеличения массы. В 1978-1982 годах на снабжение были приняты бронешлем и бронежилет комплекта PASGT, выполненные из тканей на основе кевларовой нити. Ограниченное применение получили противопульные панели усиления (грудная и спинная монопанели), выполненные из керамических материалов. Также в конце 1980-х годов фирмой «Ханнивелл» был разработан новый материал – сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). При применении в виде прессованного композитного материала он позволял резко уменьшить массу противопульных панелей усиления. Комбинированные бронепанели с наружным керамическим слоем и подложкой из СВМПЭ впервые были использованы США в бронежилете OTV «Interceptor»,

разработанным для замены PASGT и принятым на снабжение в 1998 году. Необходимость применения наружного керамического слоя обусловлено требованием защиты от бронебойных пуль, заостренные сердечники которых достаточно легко пробивают панели из прессованного СВМПЭ. При ударе пули о керамическую плитку заостренный носик бронебойного сердечника пули разрушается, а остатки сердечника, оболочка пули и осколки керамики удерживаются подложкой.

Однако противопульные панели защиты груди и спины помогают только в том случае, когда боец находится в вертикальном положении, в положении лежа они бесполезны. Это было замечено еще во времена ВОВ при анализе применения стальных нагрудников СН-42: они были эффективны в уличных боях, но практически бесполезны в поле. К сходным выводам пришли и американские специалисты, анализировавшие опыт войны в Корее.

Важной характеристикой бронежилета является не только масса, влияющая на суммарную боевую эффективность но, и удобство применения. Ношение бронежилетов затрудняет теплообмен и в жарком климате может привести к перегреву бойца и потере боеспособности. С этим впервые вплотную столкнулись американцы во время Вьетнамской войны, хотя замечено это было еще по опыту ведения войны в Корее. Со схожими проблемами столкнулись Советские войска во время Афганской войны. В 1983 году для решения проблемы перегрева бойцов они предложили оснастить жилеты конвекционно-амортизационным подпором (КАП), отодвигающим секции бронежилета от тела пользователя и позволяющим воздуху свободно циркулировать под жилетом, охлаждая тело. Испытания КАП на различных жилетах были проведены летом того же года в Туркестанском военном округе. Они показали, что КАП толщиной 30 мм увеличивает время ношения бронежилета 6Б2 при выполнении активных действий и температуре окружающего воздуха + 40 С в среднем в 2-3 раза, обеспечивая практически неограниченное время его ношения. Также КАП уменьшал запреградную травму при непробитии бронежилета до безопасного уровня – первой степени тяжести (легкой) при обстреле из АКМ и второй степени тяжести (средней) при обстреле из СВД. С тех пор конвекционно-амортизационный подпор является обязательной частью всех российских войсковых бронежилетов.

В США развитие промышленности привело к появлению новых броневых материалов на основе стеклянных и синтетических волокон. Стеклянные волокна применялись в виде прессованных композиционных плит (материал Дорон), а синтетические – в виде ткани (материал Нейлон). Они ввиду низкой прочности и модуля упругости были не эффективны против высокоскоростных осколков [4]. Поэтому наиболее широкое применение данные материалы нашли в средствах защиты летчиков бомбардировочной авиации от низкоскоростных осколков зенитных снарядов крупного калибра, которым перед попаданием в жилет необходимо было пробить корпус самолета. Для усиления применялись пластины из стальной и алюминиевой брони. Американский стальной бронешлем М-1 образца 1940 года имел вкладыш из прессованной композиции на основе нейлона. В пехотном бронежилете М12, поступившем на снабжение в августе 1945 года, кроме основной композиции из нейлона применялись бронепанели из алюминиевого сплава [5].

Боевое применение новых средств защиты произошло во время Корейской войны. Анализ опыта эксплуатации СИБ показал, с одной стороны, высокую противоосколочную защищающую способность новых бронежилетов, а с другой – резкое увеличение тяжести ранения при пробитии алюминиевой брони вследствие деформации и фрагментации пули, а также возможность поражения рекошетирующими фрагментами при попадании пули в бронепанель под углом.

Опыт боевого применения выявил высокие защищающие свойства изделия (боевое крещение бронежилеты получили во время Афганской войны 1979-1989 гг.). 100% осколков и 42% пуль были удержаны бронежилетом 6Б2 [6]. Однако были выявлены и негативные характеристики: резкое увеличение тяжести ранения в жилете и возможность рикошета, недостаточность противоосколочной защиты для защиты от пуль стрелового оружия. Результатом анализа боевого опыта было появление в 1983 году бронежилета 6Б3Т, в котором титановые панели усиления обеспечивали противопульную защиту.

Основные выводы использования бронежилетов в Афганистане подтвердил опыт их применения в Корее: противоосколочная защитная структура бронежилета должна быть легкой и не должна содержать твердых элементов, которые могут привести к

демонтажу или рикошету пули. Противопульную защиту необходимо выполнять в виде нескольких крупных панелей большей площади для минимизации зоны стыков и большой толщины, чтобы в подавляющем большинстве случаев они не пробивались пулями стрелкового оружия, применение которых наиболее вероятно. Полностью реализовать полученный опыт удалось лишь после окончания Афганской войны в более поздних изделиях 6Б11, 6Б12 и 6Б13, принятых на снабжение в 1999 году.

Сравнительные характеристики по противопульной стойкости высокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) и керамики с традиционной металлической броней – стальной, титановой и алюминиевой представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики защиты, выполненной из различных бронематериалов

Материал	Уровень защиты по ГОСТ Р 50744-95				
	1	2	3	5	6а
Броневая сталь	135/1,7*	187/2,4	343/4,4	500/6,4	860/11,0
Титан	135/3,0	155/3,5	310/7,0	445/10,0	-
Алюминий	135/5,0	190/7,0	590/22,0	860/32,0	1160/43,0
Высокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ)	40/4,0	104/11,0	210/22,0	-	-
Арамидные ткани	35/4	100/-			
Керамика на основе корунда (AI_2O_3) на подложке из полиэтилена	-		-	360-400/17	420-460/19
Керамика на основе карбида бора (B_4C) на подложке из СВМПЭ	-	-	-	260-290/16	340-360/20
* *Поверхностная плотность (г/дм²) / толщина защитной структуры (мм).*					

Все бронежилеты по уровням защиты делятся на шесть классов. Сегодня 2-й класс гарантирует защиту от всех пистолетных пуль, включая ТТ и ПСМ. Чтобы обеспечить этот уровень защиты разработчик имеет в распоряжении не так много броневых материалов и уже отработанных защитных структур из комбинации этих материалов. Так, защитная структура со стальным бронеэлементом будет иметь толщину 2,5–3,0 мм, массу 1 дм^2 – 187 г, с полиэтиленовым жестким бронеэлементом – толщину 11 мм, массу 1 дм^2 – 104 г.

Видно, что полиэтиленовая броня, используемая во 2-м и 3-м классах защиты, в 5 раз толще стальной. Керамическая броня, используемая в 5-м классе защиты, также минимум в 2 раза толще стальной. Да и живучесть такой брони, т.е. способность выдержать несколько выстрелов, заметно хуже, чем у металлического аналога. Значительная толщина защитной структуры из новых материалов создает колоссальные проблемы конструкторам бронежилетов. Разработать изделие скрытого ношения становится практически невозможно, даже используя прессованные полиэтиленовые панели толщиной 10–11 мм. Известно, что бронепанелям из полиэтилена можно придать практически любую форму, но это качество не компенсирует проблемы большой толщины. Данный недостаток еще более выражен в бронежилетах 3-го класса, где необходимо использовать панель толщиной уже 21–22 мм. Такие бронепанели трудно компонуются в бронежилетах даже открытого ношения.

Для того чтобы рекомендовать тот или иной вариант комплекта СИБ для конкретной боевой ситуации, помимо защитных свойств необходимо учитывать также и массу комплекта. Носимая масса экипировки при активной физической нагрузке оказывает изнуряющее действие на бойца. Это сказывается на суммарной боевой эффективности. В статье [7] приведена зависимость дистанции преодолеваемой бойцом дистанции от массы экипировки. Каждый килограмм экипировки в диапазоне от 4 до 46 кг увеличивает время выполнения задачи (марш, штурм ротного опорного пункта) в среднем на 2%. То есть при массе экипировки более 40 кг боец будет под огнем противника почти в 2 раза дольше, чем без нее.

Из-за большой массы защиты боец будет быстрее уставать, медленнее бежать, залегать и реагировать на изменения окружающей обстановки. В итоге количество пораженных огнем противника бойцов уве-

личится, а эффективность их огня уменьшится. В определенных условиях боевая эффективность от применения СИБ может оказаться отрицательной. Сегодня предельная масса носимой экипировки ограничена 24 кг. Причем на средства защиты отводится ее треть – не более 8 кг.

Защитная структура бронежилета должна не только остановить пулю и не быть пробитой, но и обеспечить минимальное запреградное действие пули на человека. Оценку запреградной травмы в различных странах оценивают по-разному. Практически все зарубежные стандарты этот параметр оценивают по глубине отпечатка на специальном пластилине, оставленного пулей после ее попадания в бронежилет, уложенный на этот пластилиновый блок. Отличие состоит в том, что за допустимую величину разные стандарты принимают разные значения этого параметра. В США (стандарт NIJ 0101.06) допускают вмятину глубиной до 44 мм, в Германии и Великобритании – 22 мм. Статистика, собранная зарубежными специалистами, показывает, что при глубине запреградной травмы в 44 мм вероятность летального исхода составляет почти 10%.

Справедливости ради следует подчеркнуть, что реальный уровень запреградной травмы не находится в прямой зависимости от глубины отпечатка. Есть работы, показывающие, что ударно-волновые процессы в теле человека, вызванные ударом высокоскоростной пули, могут губительно влиять на внутренние органы и привести к летальному или близко к летальному исходу даже при относительно небольшом прогибе защитной структуры. И наоборот, значительный локальный прогиб иногда может разрушить только наружные ткани, не оказывая влияния на более важные внутренние органы.

На сегодняшний день можно уверенно говорить о сформировавшейся концепции пехотного комплекта СИБ. Он включает в себя противоосколочный бронежилет со сменными противопульными панелями усиления, противоосколочный бронешлем с противоосколочными очками и маскировочный бронезащитный костюм. Однако суммарная масса комплекта заметно превышает требуемые 8 кг, а площадь защиты, особенно противопульной, весьма мала. Альтернативным вариантом, хотя спорным и болезненным, является отказ от противопульной защиты при ведении активных боевых действий, и применение ее только при выполнении малоподвижных боевых задач. По опыту применения тканевых бронежилетов в Корее и Вьетнаме можно предположить, что около 25-30% пулевых поражений (рикошетирующих, дестабилизированных и фрагментированных после пробития различных препятствий пуль) в жилет сможет задержать противоосколочная защитная структура.

Заключение

Для каждого типа войны оптимальным является свой комплект СИБ, однако изготовление разных комплектов защиты пехотинца нерационально. Целесообразный уровень противоосколочной и противопульной защиты зависит от наиболее вероятных средств поражения [8]. Он может сильно отличаться в зависимости от театра военных действий и тактической ниши комплекта. Для увеличения боевой эффективности площадь противоосколочной защиты бронежилета по возможности должна быть максимальна, желательно наличие элементов защиты боков, шеи и плеч сверху. Поэтому выбор того или иного материала для СИБ, должен быть обусловлен комплексом эксплуатационных характеристик, поскольку роль строения средства индивидуальной бронезащиты зависит от физико-механических свойств используемого материала для его изготовления. Разработка новых материалов с меньшей стоимостью изготовления позволит при равных затратах увеличить защитные свойства бронеэлементов [9].

Список литературы

1. Helmets and Body Armour in Modern Warfare / D. Bashford. – USA, Toronto, 1920.

2. Wound Ballistics / L.D. Heaton (ed). – U.S. Army Medical Department, 1962.

3. Flak Jackets: 20th Century Military Body Armor / Martin Windrow (ed). – London, Osp-rey Publishing Co, 1985.

4. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования / В.А. Григорян, И.Ф. Кобылкин, В.М. Маринин, Е.Н. Чистяков. – М.: РадиоСофт, 2008.

5. Wound Ballistics / L.D. Heaton (ed). – U.S. Army Medical Department, 1962.

6. Новые тенденции в области пассивной защиты // Jane's IDR. – 2013. – №4 (апрель). – С. 62-64.

7. Lightening body armor : Arroyo support to the Army response to Section 125 of the National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2011 / Kenneth Horn ... [et al.]. The research described in this report was sponsored by the United States Army under Contract No. W74V8H-06-C-0001.

8. Григорян В.А., Кобылкин И.Ф., Маринин В.М., Чистяков Е.Н. Материалы и защитные структуры для локального и защитного бронирования. – М.: Изд-во РадиоСофт, 2008. – 406 с.

9. Чернышов Е.А., Мыльников В.В., Мыльникова М.В., Романов А.Д., Романова Е.А. Создание металлокерамических элементов баллистической защиты с применением керамики на основе алюминия // Современные наукоёмкие технологии. – 2014. – №4. – С. 97-101.