

УДК 623.4

doi: 10.53816/23061456_2025_3-4_122

**К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ
КОНЕЧНОСТЕЙ ИЗ СОСТАВА БОЕВОЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЭКИПИРОВКИ**
**ON THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MEANS OF PROTECTION
OF THE LIMBS FROM THE COMPOSITION OF INDIVIDUAL COMBAT
EQUIPMENT**

Канд. техн. наук А.И. Спивак, Ю.Е. Ланцов, С.Н. Васильева, А.А. Котова

Ph.D. A.I. Spivak, Yu.E. Lantsov, S.N. Vasileva, A.A. Kotova

НПО Спецматериалов

Проведен анализ структуры огнестрельных ранений у личного состава в современных вооруженных конфликтах. Показано, что наиболее уязвимой частью тела человека при осколочном поражении являются конечности. Проведен анализ основных характеристик отечественных и зарубежных средств защиты конечностей. Показана необходимость повышения защитных характеристик средств защиты конечностей за счет реализации научно-методического аппарата, предполагающего решение ряда обоснованных задач. Показано, что повышение защитных характеристик средств защиты конечностей может быть обеспечено за счет использования в их составе отечественного сверхвысокомолекулярного полиэтилена «РУССИЛ».

Ключевые слова: боевая индивидуальная экипировка, средства защиты конечностей, противоположная стойкость, противоосколочная стойкость.

The structure of gunshot wounds among personnel in modern armed conflicts has been analyzed. It has been shown that the most vulnerable part of the human body in case of shrapnel damage are the limbs. The main characteristics of domestic and foreign means of limb protection have been analyzed. The necessity of increasing the protective characteristics of limb protection by implementing a scientific and methodological apparatus that involves solving a number of justified problems has been shown. It has been shown that the protective characteristics of limb protection can be increased by using domestic ultra-high molecular weight polyethylene «RUSSIL» in their composition.

Keywords: individual combat equipment, means of limb protection, bulletproof resistance, anti-fragmentation resistance.

В ходе ведения военных действий виды боевых потерь подразделяют на безвозвратные и санитарные [1]. К безвозвратным потерям относятся убитые на поле боя, умершие от ран на этапах медицинской эвакуации, пропавшие без вести и оказавшиеся в плену. Санитарные потери составляют раненые, контуженные, обожженные, заблужденные и обмороженные, эвакуированные из

районов боевых действий в армейские, фронтовые и тыловые госпитали.

При ведении масштабных боевых действий, когда для решения поставленных задач активно применяются авиационные и артиллерийские осколочно-фугасные, кассетные и фугасные боеприпасы больших калибров, основными поражающими факторами поля боя, несомненно, будут

осколки естественного дробления, готовые поражающие элементы и взрывная ударная волна (ВУВ). В локальных вооруженных конфликтах, характеризующихся ведением боевых действий небольшими воинскими формированиями (взвод, рота, батальон), особенно в населенных пунктах, основными поражающими факторами поля боя являются противопехотные средства ближнего боя и стрелковое оружие. Указанные особенности ведения военных действий нашли закономерное отражение в структуре боевых потерь личного состава войск (подразделений) по виду поражающих элементов, представленной на рис. 1 [1] и 2 [2].

Анализ данных, представленных на рис. 1–2, показывает, что среди убитых в военных кампаниях в основном отмечаются осколочные поражения. Увеличение количества пулевых поражений в отдельные периоды контртеррористической операции (например, Чечня-II) можно объяснить боестолкновениями с членами незаконных бандформирований, вооруженными в основном стрелковым оружием.

Статистические данные, характеризующие частоту пулевых и осколочных поражений среди раненых в некоторых военных кампаниях, представлены в табл. 1 [1].

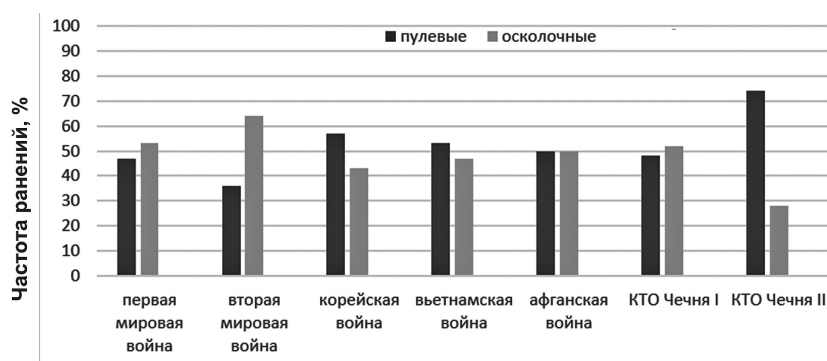


Рис. 1. Соотношение частоты пулевых и осколочных ранений среди убитых на поле боя в различных военных кампаниях и локальных вооруженных конфликтах

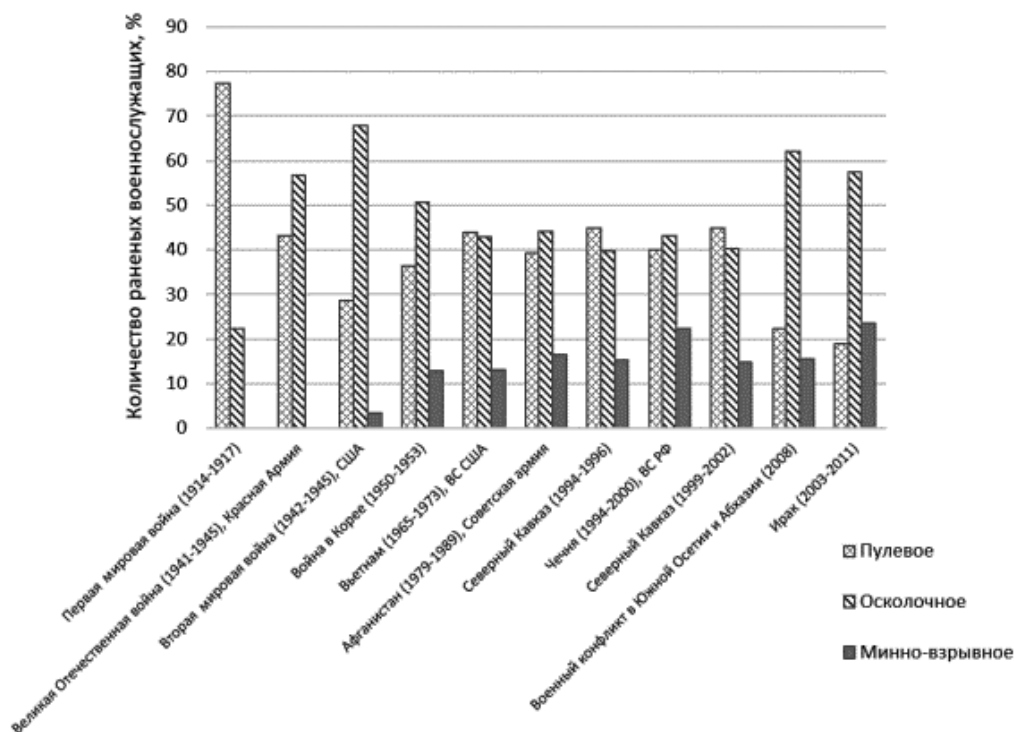


Рис. 2. Соотношение частоты пулевых осколочных и минно-взрывных ранений среди раненых на поле боя в различных военных кампаниях и локальных вооруженных конфликтах

Таблица 1

Частота различных видов огнестрельного поражения среди раненых в некоторых военных кампаниях, %

Вооруженный конфликт, Вооруженные Силы	Вид огнестрельного поражения	
	пулевое	осколочное
Великая Отечественная война (1941–1945), Красная Армия	42,2	57,8
Афганистан (1979–1989), Советская Армия	32,2	67,8
Чечня-I (1994–1996), Вооруженные Силы РФ	40,0	60,0
Чечня-II (1999–2000), Вооруженные Силы РФ	35,6	64,4

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что среди раненых частота осколочных поражений превышает в 1,37–2,10 раза частоту пулевых поражений.

При разработке средств индивидуальной бронезащиты и способов их применения актуальным является вопрос, связанный с систематизацией локализации огнестрельных (пулевых и осколочных) поражений в анатомической области человеческого тела. Структура огнестрельных поражений среди раненых военнослужащих в зависимости от локализации представлена в табл. 2 [1] и на рис. 3 [2].

Анализ данных, представленных на рис. 3 и в табл. 2, показывает, что наиболее уязвимой

частью тела человека при осколочном поражении являются конечности, частотность поражения которых составляет 58,3–71,0 % от общего числа раненых в различных военных кампаниях. В связи с этими обстоятельствами, одной из первоочередных задач по обеспечению защищенности личного состава от средств поражения является оснащение его средствами индивидуальной бронезащиты (СИБ), имеющими в своем составе элементы защиты конечностей.

В верхней конечности человека выделяют плечевой пояс и свободную верхнюю конечность, состоящую из плеча, локтя, предплечья и кисти. Нижняя конечность состоит из пояса нижней конечности и свободной нижней конечности.

Таблица 2

Структура огнестрельных поражений среди раненых военнослужащих в зависимости от локализации, %

Вооруженный конфликт, Вооруженные Силы	Локализация огнестрельного повреждения			
	голова, шея	грудь, позвоночник	живот, таз	конечности
Русско-японская война (1904–1905), Русская Армия	15,0	14,0	4,0	67,0
Первая мировая война (1914–1917), Русская Армия	15,0	9,0	5,0	71,0
Великая Отечественная война (1941–1945), Красная Армия	19,0	9,0	5,0	67,0
Вторая мировая война (1942–1945), Армия США	15,0	10,0	6,0	69,0
Афганистан (1979–1989 гг.), Советская Армия	15,7	12,2	10,9	61,2
Чечня-I (1994–1996), Вооруженные Силы РФ	24,9	14,7	2,1	58,3
Чечня-II (1999–2000), Вооруженные Силы РФ	15,8	9,8	5,8	68,6
Место в общем рейтинге	2	3	4	1

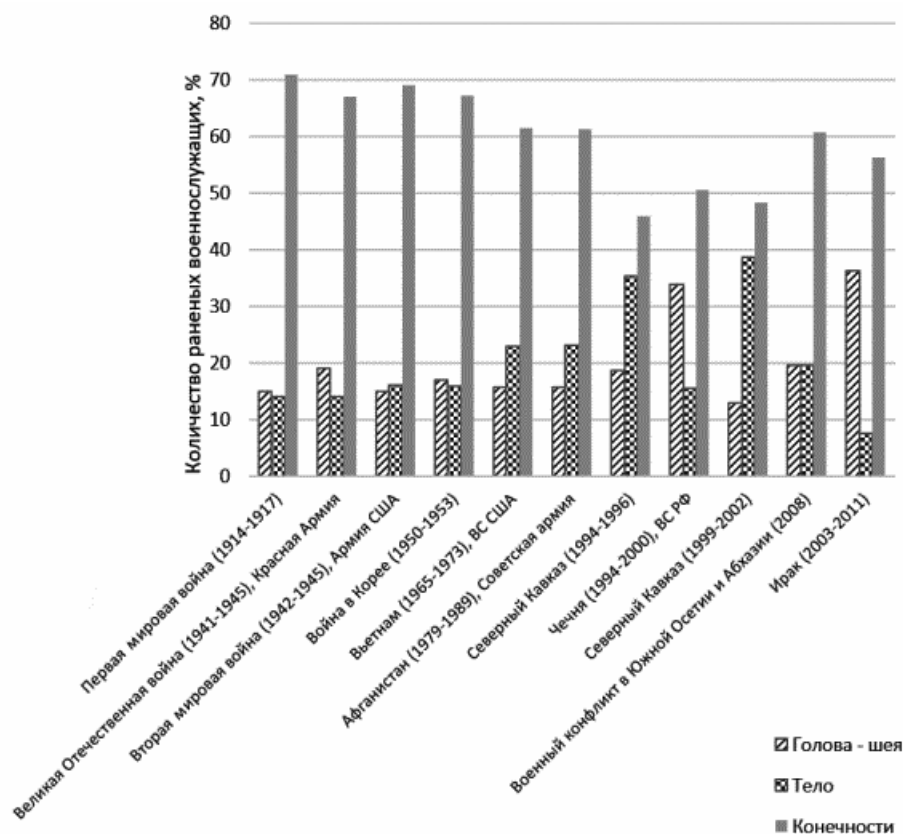


Рис. 3. Структура огнестрельных поражений среди раненых военнослужащих в зависимости от локализации среди раненых на поле боя в различных военных кампаниях и локальных вооруженных конфликтах

ти, включающей бедро, колено, голень и стопу. Проведем анализ характеристик существующих в настоящее время отечественных и зарубежных элементов защиты конечностей в составе СИБ. В общем случае отечественные элементы защиты конечностей можно разделить на следующие группы: защита рук, защита ног, защита бедра, защитные комплекты, обеспечивающие защиту рук и ног. Зарубежные элементы защиты конечностей можно разделить на следующие группы: защита рук, защита ног, защита бедра, защитные комплекты, обеспечивающие защиту рук и ног; интегрированные с бронежилетом модули защиты конечностей.

Характеристики некоторых элементов защиты конечностей отечественного производства представлены в табл. 3, а некоторых зарубежных элементов защиты конечностей — в табл. 4.

Анализ данных, представленных в табл. 3–4, показывает, что защитные элементы средств защиты конечностей изготавливаются из арамидных тканей или СВМПЭ. Класс защитной структуры

определяется конструкцией и количеством слоев арамидных тканей или СВМПЭ, при этом противоосколочная стойкость большинства защитных структур находится на уровне $V_{50\%}$ 270–550 м/с.

В результате обработки экспериментальных данных получена статистическая модель зависимости скорости осколков, образовавшихся при подрыве типового 152-мм осколочно-фугасного артиллерийского снаряда, от расстояния до точки подрыва с использованием метода наименьших квадратов. Было рассмотрено несколько видов функций $y = f(x, a, b, \dots)$ и выбрана функция, для которой суммарная погрешность

$$\sum_{i=1}^n [f(x_i, a, b, \dots) - y_i]^2$$

оказалась минимальной.

Вид статистической модели зависимости скорости осколков, образовавшихся при подрыве типового 152-мм осколочно-фугасного артиллерийского снаряда, от расстояния до точки подрыва представлен в табл. 5.

Таблица 3

Характеристики элементов защиты конечностей отечественного производства

Общий вид	Характеристики
Защита рук	
 Защита предплечий	Класс защиты: Бр1 Материал защитной структуры: арамидная ткань/СВМПЭ Материал чехла: Cordura 1000D + Кордон500 Тип крепления: по объему на липучке Velcro
Защита ног	
 Защита голеней	Класс защиты: Бр1 Материал защитной структуры: арамидная ткань/СВМПЭ Материал чехла: Cordura 1000D + Кордон500 Тип крепления: по объему на липучке Velcro
 Шорты тактические ШТ	Предназначены для защиты верхней части бедра. Класс защиты С2. Противоосколочная стойкость $V_{50\%}$ не менее 540 м/с. Площадь защиты: 54 дм ² . Крепление, регулировка и фиксация осуществляется за счет штатного ремня и эластичных ременных лент. Масса: 2500 г
 Гамаши «Воин 164»	Противоосколочные гамаши, сконструированы с учетом рекомендаций медиков Минобороны России. Класс защитной структуры С2. Противоосколочная стойкость $V_{50\%}$ не менее 540 м/с. Защитный структура — баллистический композитный параарамид. Поверхностная плотность — 450 г/м ²
Защитные комплекты	
 Щитки защитные «Партнер»	Класс защитной структуры: С. Комплект включает: защиту плеч, защиту рук, защиту ног. Тип крепления: по объему на лямки. Материал: высокопрочный полимер. Масса: 3900 г
 Комплект боевого снаряжения «Стрелок»	Состав комплекта: бронежилет с системой распределения массы и модули бронезащиты: шеи; плеча (наплечник); плеча (бицепс); паха абдоминальный; паха (фартук); паха (шорты); бедра. Классы защитных структур Бр1 и С2, Бр5. Противоосколочная стойкость $V_{50\%}$ не менее 630 м/с. Усиленная защитная структура бронеэлементов обеспечивает защиту от pistol патронах 9×19 мм с пулей FMJ 7,5 г с расстояния 5 м

Таблица 3 (продолжение)

Общий вид	Характеристики
 Взрывозащитный комплект «Буча»	Классы защитных структур Бр1 и С2. Противоосколочная стойкость $V_{50\%}$ не менее 600 м/с. Состав комплекта: ножная секция (комплект защитных щитков на голень); ручная секция (комплект защитных щитков на предплечье). Элементы комплекта снабжены противорикошетной защитой
 Взрывозащитный костюм «Доспехи»	Противоосколочная стойкость по классу защитной структуры С2: $V_{50\%}$ не менее 550 м/с. Состав костюма: защитная куртка; защитные брюки; защитные шорты; защитные рукавицы
 Противоосколочный комбинезон «КОБАЛЬТ-Т»	Противоосколочная стойкость по классу защитной структуры С2: $V_{50\%}$ не менее 330 м/с. По передней части брюк комбинезона в области бедер, коленей и голени располагаются карманы под баллистические экраны
 Костюм «Атлант-5»/ «Атлант-6»	Противоосколочная стойкость по классу защитной структуры С2: $V_{50\%}$ не менее 480 м/с (для «Атланта-5»), не менее 600 м/с (для «Атланта-6»)
 Защитный комплект сапера «Заслон»	Противоосколочная стойкость по классу защитной структуры С2: $V_{50\%}$ не менее 450 м/с. В комплект входят: куртка с воротником и съемными рукавами, брюки (фартук и щитки ног), элементы дополнительного бронирования
 Индивидуальный взрывозащитный комплекс «Гранат-В»	Фронтальная защита: куртка с воротником круговой защиты, брюки с бахилами, шорты, рукавицы по классу защитной структуры С2: $V_{50\%}$ не менее 600 м/с. Круговая защита рук по классу защитной структуры С2: $V_{50\%}$ не менее 550 м/с. Дорсальная защита: куртка, брюки, шорты по классу защитной структуры С2: $V_{50\%}$ не менее 400 м/с

Таблица 4

Характеристики некоторых элементов защиты конечностей зарубежного производства

Общий вид, название, страна производитель	Характеристики
Защита рук	
 Защита локтей и предплечья, Финляндия	Класс защиты: NIJ-IIIА
 Защита рук, США	Защита рук прикреплена к Outer Tactical Vest. Предназначена для защиты пулеметчиков (HUMVEE). Масса — менее 4,5 кг (в комплекте с защитой ног). Защитная структура изготовлена из СВМПЭ «Дупеета»
Защита ног	
 Защита ног, Финляндия	Класс защиты: NIJ-IIIА
 Защита ног, США	Противоосколочные штаны, защита всех проекций ног. Предназначена для защиты пулеметчиков (HUMVEE). Масса — менее 4,5 кг (в комплекте с защитой рук). Защитная структура изготовлена из СВМПЭ «Дупеета»
 Защита бедер с наколенниками, Финляндия	Класс защиты: NIJ-IIIА
 Защита ног, США	Предназначена для полной фронтальной и частично боковой защиты ног. В комплект входят съемные бронепанели. Крепится на поясе с помощью подтяжек. Класс защиты NIJ-IIIА, (пуля 22 кал. и осколок 17 грн со скоростью $V_{50\%}$ 475–480 м/с)
 Защита фронтальной проекции бедер и голеней, ЮАР	Класс защиты NIJ-IIIА: Защита от пистолетных пуль калибра 44 Магнум, 357 Магнум и 9×19 мм

Таблица 4 (продолжение)

Общий вид, название, страна производитель	Характеристики
 Защита ног, Китай	Защитная структура из GearXFiber, соответствует классу NIJ IIIA. Толщина 18 мм. Масса — 3,2 кг. Внутренняя сторона: 3D-сетка, мягкий подпор. Подгонка по ноге осуществляется за счет липучек, резинок. Можно крепить к поясу
 Бронешорты TIER 3 Virtus Multicam, Великобритания	Обеспечивает защиту верхней части бедра. Класс защиты: NIJ-IIIА
 Боевой пояс с защитой бедра, Великобритания	Боевой пояс и защита бедра, выполнены в виде сочетающихся модулей. Класс защиты: NIJ-II и NIJ-IIIА. Чехол изготовлен из нейлона 500D. Подкладка изготовлена из нейлона с 3D-сеткой. Подгонка по фигуре осуществляется на липучках
Защитные комплекты	
 Шорты, Болгария	Защита только во фронтальной проекции. Противоосколочная стойкость $V_{50\%}$ не менее 750 м/с. Масса: 8,2 кг
 Противоосколочный костюм, Германия	Противоосколочная стойкость костюма дифференцирована по различным элементам: $V_{50\%}$ не менее 400–1200 м/с. Жилет и полунакидка массой 7,2 кг обеспечивает на площади 1,8 м ² противоосколочную стойкость $V_{50\%}$ не менее 500 м/с. Рукава массой 1,8 кг обеспечивают на площади 0,55 м ² противоосколочную стойкость $V_{50\%}$ не менее 450 м/с. Защита ног, ботинки массой 2,5 кг обеспечивают на площади 0,2 м ² противоосколочную стойкость $V_{50\%}$ не менее 450 м/с
 Противоосколочный костюм, Германия	Модульный взрывозащитный/противоосколочный костюм. В зависимости от элемента костюма обеспечивается противоосколочная стойкость в диапазоне $V_{50\%}$ 250–550 м/с

Таблица 4 (продолжение)

Общий вид, название, страна производитель	Характеристики
Интегрированные с БЖ модули защиты конечностей	
 Защита конечностей, США	Защита конечностей интегрирована с модульным бронежилетом, в нее входят: боевой пояс, напашник, набедренники (с защитой внутренней части), наплечники. Класс защиты: IIIA-IIIJ. Изготовлена из СВМПЭ
 Защита конечностей, Бельгия	Защита конечностей интегрирована с модульным комплектом, в состав которого входит бронежилет, боевой пояс, напашник, наплечники, защита бедра. Класс защиты IIIJ-IIIА. Боевой пояс массой 1,8 кг обеспечивает защиту на площади 18 дм ² . Напашник массой 0,5 кг обеспечивает защиту на площади 6 дм ² . Наплечники массой 0,9 кг обеспечивают защиту на площади 9 дм ² . Защита бедра массой 1,0 кг обеспечивает защиту на площади 12 дм ²
 Специальная анатомическая защита, США	Обеспечивает защиту груди, плеч, верхней части ног, паха и шеи. Класс защиты IIIJ IIIA (3A). Защищает от SIG 357 и Magnum 44 калибра

Таблица 5

Вид статистической модели зависимости скорости осколков, образовавшихся при подрыве типового 152-мм осколочно-фугасного артиллерийского снаряда, от расстояния до точки подрыва

Вид статистической модели	Коэффициенты модели		Среднее отклонение, %	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент корреляции
	<i>a</i>	<i>b</i>			
$Y = a \exp / (bx)$	1520,463	-0,0362	1	0,00895	0,999

Примечание: область определения аргумента от 1,0 до 100,0 м

Анализ полученной статистической модели показывает, что элементы защиты конечностей обеспечивают противоосколочную стойкость (вероятность $P = 0,5$ не пробития) защиты конечностей на удалении 30–47 м от места подрыва. Дальнейшее уменьшение такого расстояния при неизменном составе защитных структур связано с увеличением их массы.

Проведенные исследования [3, 4] показали зависимость эффективности применения личного оружия, ручных и противотанковых гранат от массы экипировки. Так, статистическая модель зависимости средней частоты поражения мишеней (СЧПМ) из автоматического оружия из по-

ложения «лежа с упора» от массы экипировки m , определяется выражением

$$\text{СЧПМ} = 0,31725 - 0,036 m, \quad (1)$$

при этом, эффективная скорострельность прицельными очередями (ЭСПО) от массы экипировки m , определится выражением

$$\text{ЭСПО} = 4,9738 - 0,678 m. \quad (2)$$

Анализ выражений (1) и (2) показывает, что увеличение массы экипировки оказывает дополнительную нагрузку на военнослужащих, приво-

для увеличения времени выполнения огневых задач, снижению эффективной скорострельности очередями, снижению вероятности поражения целей, а в сочетании со свойственным ей сковывающим действием — к увеличению тяжести выполняемой работы в ходе преодоления тактической полосы боя за ротный опорный пункт, ухудшению возможности совершения дальности бросков гранат, а также точности их метания. Так, например, увеличение массы защитной структуры только на 1 кг приведет к снижению средней частоты поражения мишеней на 0,036 балла, а эффективной скорострельности прицельными очередями — к снижению на 0,678 балла.

В связи с отмеченными обстоятельствами, в условиях информационной неопределенности [5] основным направлением совершенствования защитных структур конечностей является повышение защитных характеристик при уменьшении их массы за счет внедрения новых материалов, оптимизации формы и структуры защитных элементов.

Для достижения поставленной цели целесообразно разработать единый научно-методический аппарат разработки средств защиты конечностей из состава боевой индивидуальной экипировки, который включает комплексное решение следующих частных задач:

- разработка теоретических положений раневой баллистики о механизмах огнестрельных, закрытых контузионных повреждений конечностей и установление критериев повреждения конечностей;
- разработка математической модели конечностей с целью прогнозирования огнестрельных и закрытых контузионных повреждений;
- разработка материально-технического обеспечения для имитационного моделирования взаимодействия поражающих элементов с имитаторами конечностей, экранированными защитными структурами, при непробитии их поражающими элементами;
- разработка баллистических имитаторов конечностей для оценки их заброневого контузионного повреждения при непробитии защитных структур поражающими элементами;
- разработка эффективных климатических амортизационных подпоров средств защиты конечностей с целью уменьшения заброневого контузионного повреждения;

– разработка защитных структур защиты конечностей, характеризующихся минимальной массой за счет внедрения новых материалов.

Разработка теоретических положений раневой баллистики о механизмах огнестрельных, закрытых контузионных повреждений конечностей и установление критериев повреждения конечностей должны явиться логичным развитием положений раневой баллистики, изложенных в [6–8], при этом особое внимание необходимо уделить критериям повреждения коленных, локтевых суставов [9], трубчатых костей, мягких тканей и кровеносных сосудов [10].

При разработке математической модели конечностей с целью прогнозирования огнестрельных и закрытых контузионных повреждений необходимо развить основные положения, изложенные в [11], применительно к новым средствам поражения.

При разработке баллистических имитаторов конечностей для оценки их заброневого контузионного повреждения при непробитии защитных структур поражающими элементами может быть учтен опыт разработки и опытной эксплуатации баллистического имитатора конечностей (БСИК) [12–14], который подтвердил свою работоспособность при проведении предварительных и государственных испытаний отдельных комплектов защиты конечностей.

При разработке эффективных климатических амортизационных подпоров средств защиты конечностей с целью уменьшения заброневого контузионного повреждения должен быть учтен опыт разработки и экспериментальной проверки новых конструкций климатических амортизационных подпоров в составе малослойных тканевых защитных структур противоосколочных средств защиты конечностей [15].

При разработке материально-технического обеспечения для имитационного моделирования взаимодействия поражающих элементов с имитаторами конечностей, экранированными защитными структурами, при непробитии их поражающими элементами целесообразно использовать основные положения и выводы работы [16].

При разработке защитных структур защиты конечностей, характеризующихся минимальной массой за счет внедрения новых материалов, должны быть использованы новые отечественные баллистические материалы на основе СВМПЭ,

например известный под торговой маркой «РУС-СИЛ». Этот материал представляет собой высокопрочный композит, включающий два или более поперечнонаправленных полимерных слоев, которые могут быть подвергнуты термообработке и прессованию. При этом полимерные слои предварительно пропитываются клеевым связующим, а между слоями дополнительно устанавливается термоактивируемая пленка толщиной 5–8 мкм из реактопластичного материала с последующим термопрессованием композиции при рабочей температуре в диапазоне от 120 до 130 °С.

Максимальная плотность полученного материала составляет 0,97 г/см³ [17].

Удельная прочность нити СВМПЭ «РУС-СИЛ» в 15 раз выше, чем у стали. При сравнении стальных конструкций и изделий из СВМПЭ можно установить, что баллистические характеристики материалов сопоставимы, при этом изделия из СВМПЭ имеют меньший удельный вес. Сравнение поверхностной плотности защитных структур, выполненных из броневой стали и СВМПЭ «РУССИЛ», представлено в табл. 6 [18].

Анализ данных, представленных в табл. 6, показывает, что защитные структуры, изготовленные из СВМПЭ «РУССИЛ», могут успешно использоваться в качестве гибких защитных бронезащитных элементов классов Бр1–Бр2, а прессованные панели — для бронезащитных элементов класса Бр3–Бр4, входящих в состав средств защиты конечностей. Следует отметить, что противоосколочная стойкость защитных структур, изготовленных из прессованного СВМПЭ «РУССИЛ», может составлять $V_{50\%} = 600\text{--}750$ м/с.

Отличительной особенностью СВМПЭ «РУССИЛ» является возможность его использования в составе комбинированных защитных

структур в комплекте с металлическими или композитными элементами с целью снижения массы структур без ухудшения их защитных свойств.

Таким образом, реализация предлагаемого научно-методического аппарата разработки средств защиты конечностей из состава боевой индивидуальной экипировки позволит повысить их защитные характеристики при уменьшении массы за счет внедрения новых материалов, оптимизации формы и структуры защитных элементов в условиях сокращения материальных затрат и сроков на разработку.

Список источников

1. Байдак В.И., Блинов О.Ф., Знахурко В.А. и др. Концептуальные основы создания средств индивидуальной защиты. Ч. 1. Бронежилеты; под ред. Михеева В.Г. М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 2003. 338 с.
2. 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.
3. Логаткин С.М., Сокуров А.В., Резванцев М.В., Хижняк А.Е. Влияние тяжести физической нагрузки, создаваемой боевой индивидуальной экипировкой, на эффективность применения ручных и противотанковых гранат // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2011. № 11–12. С. 73–76.
4. Сокуров А.В. Влияние тяжести физической нагрузки, создаваемой боевой индивидуальной экипировкой, на эффективность применения

Таблица 6

Сравнение поверхностной плотности защитных структур, выполненных из броневой стали и СВМПЭ «РУССИЛ»

Класс защитной структуры	Поверхностная плотность защитной структуры, кг/м ²	
	броневая сталь	СВМПЭ «РУССИЛ»
Бр1	10–15	3,8–4,2
Бр2	17–20	8,0–10,0
Бр3	33–37	16,0–20,0

личного оружия // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2011. № 7–8. С. 81–85.

5. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Пугачев А.Н., Дмитриев В.Я. Методологические проблемы информационной неопределенности при разработке средств индивидуальной бронезащиты // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2014. № 11–12. С. 11–16.

6. Озерецковский Л.Б., Гуманенко Е.К., Бояринцев В.В. Раневая баллистика. История и современное состояние огнестрельного оружия и средств индивидуальной бронезащиты. СПб.: Журнал «Калашников», 2006. 406 с.

7. Александров Л.Н., Озерецковский Л.Б., Дыскин Е.А. О механизме огнестрельных ранений конечности // Вестник хирургии И.И. Грекова. 1964. Т. 93. № 7. С. 79.

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

9. Хоминец В.В., Денисов А.В., Куринной Е.Д. и др. Экспериментальная оценка степени тяжести контузионной травмы коленного и локтевого суставов // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2016. Т. 54. № 2. С. 126–130.

10. Денисов А.В., Озерецковский Л.Б., Самохвалов И.М., Пронченко А.А. Хирургические аспекты огнестрельных повреждений артерий конечностей ранящими снарядами современного стрелкового оружия // Военно-медицинский журнал. 2024. № 10. С. 19–24.

11. Денисов А.В., Матвейкин С.В., Васильева С.Н. и др. Применение математической модели нижней конечности человека для моделирования ударно-волнового воздействия контактного взрыва // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2024. Т. 26. № 3. С. 337–348.

12. Баллистический стенд-имитатор конечностей: пат. 116675 Рос. Федерация. № 2011130469/14; заявл. 21.07.2011; опубл. 27.05.2012, Бюл. № 15. 16 с.

13. Визуальный индикатор повреждений для определения защитных свойств средств защиты нижних конечностей: пат. 227420 Рос. Федера-

ция. № 2024105857; заявл. 06.03.2024; опубл. 19.07.2024, Бюл. № 20. 7 с.

14. Логаткин С.М., Спивак А.И., Спивак И.А. и др. Разработка баллистического стенда имитатора конечностей человека для оценки эффективности тканевых противоосколочных средств защиты // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2012. № 7–8. С. 128–130.

15. Пучков А.С., Сильников Н.М., Спивак И.А., Спивак А.И. К вопросу разработки климатических амортизационных подпорков для средств индивидуальной бронезащиты на основе малослойных тканевых защитных структур // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2023. № 4. С. 173–181.

16. Логаткин С.М., Денисов А.В., Озерецковский Л.Б., Анисин А.В. Экспериментальное моделирование в современной раневой баллистике // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2018. Т. 62. № 2. С. 144–149.

17. Сильников Н.М., Фомичев А.Б., Гук И.В., Новак О.С., Котова А.А. Применение сверхвысокомолекулярного полиэтилена «Руссил» для защиты корпусных конструкций судов / Сборник трудов второй отраслевой научно-технической конференции «Новые технологии в судостроении» (НТС–2023). СПб.: АО «ЦТСС», 2023. 200 с.

18. Сильников Н.М., Фомичев А.Б., Гук И.В., Котова А.А. Применение сверхвысокомолекулярного полиэтилена «Руссил» для защиты прибрежных территорий и акватории / Сборник трудов второй отраслевой научно-технической конференции «Новые технологии в судостроении» (НТС–2024). СПб.: АО «ЦТСС», 2024. 220 с.

References

1. Baidak V.I., Blinov O.F., Znakhurko V.A. et al. Conceptual foundations for the creation of personal protective equipment. Part 1. Bulletproof vests. M.: Armament. Politics. Conversion, 2003. 338 p.
2. Vasilyeva S.N., Denisov A.V., Guk I.V. Model for assessing the damage to manpower in personal body armor // Issues of defense technology. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2022. No 5–6 (167–168). Pp. 76–84.
3. Logatkin S.M., Sokurov A.V., Rezvantsev M.V., Khizhnyak A.E. The influence of the

severity of physical load created by individual combat equipment on the effectiveness of hand and anti-tank grenades // Issues of defense technology. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2011. No 11–12. Pp. 73–76.

4. Sokurov A.V. The influence of the severity of physical load created by individual combat equipment on the effectiveness of using personal weapons // Issues of defense technology. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2011. No 7–8. Pp. 81–85.

5. Vasiliev N.N., Spivak A.I., Pugachev A.N., Dmitriev V.Ya. Methodological problems of information uncertainty in the development of personal armor protection // Issues of defense technology. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2014. No 11–12. Pp. 11–16.

6. Ozeretskovsky L.B., Gumanenko E.K., Boyarintsev V.V. Wound ballistics. History and current state of firearms and personal body armor. St. Petersburg: Kalashnikov Magazine, 2006. 406 p.

7. Aleksandrov L.N., Ozeretskovsky L.B., Dyskin E.A. On the mechanism of gunshot wounds of the limb. Grekov's Bulletin of Surgery. 1964. V. 93, No 7. 79 p.

8. Vasiliev N.N., Spivak A.I., Dmitriev V.Ya., Malinin A.A. On the assessment of fragmentation resistance of protective structures // Issues of defense technology. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2014. No 1–2. Pp. 68–72.

9. Khominets V.V., Denisov A.V., Kurinoy E.D. et al. Experimental assessment of the severity of contusion injury of the knee and elbow joints // Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2016. V. 54. No 2. Pp. 126–130.

10. Denisov A.V., Ozeretskovsky L.B., Samokhvalov I.M., Pronchenko A.A. Surgical aspects of gunshot injuries to arteries of the extremities by wounding projectiles of modern small arms // Military Medical Journal. 2024. No 10. Pp. 19–24.

11. Denisov A.V., Matveikin S.V., Vasilyeva S.N. et al. Application of a mathematical model of the human lower limb to simulate the

shock wave impact of a contact explosion // Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2024. V. 26. No 3. Pp. 337–348.

12. Ballistic Limb Simulator stand: pat. 116675 Russian The Federation. No. 2011130469/14; application dated 07/21/2011; published on 05/27/2012, Byul. No. 15. 16 p.

13. Visual damage indicator for determining the protective properties of lower limb protection products: pat. 227420 Russian The Federation. No. 2024105857; application no. 03/06/2024; publ. 07/19/2024, Bul. no. 20. 7 p.

14. Logatkin S.M., Spivak A.I., Spivak I.A. et al. Development of a ballistic rig simulating human limbs to assess the effectiveness of fabric anti-fragmentation protective equipment // Issues of defense technology. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2012. No 7–8. Pp. 128–130.

15. Puchkov A.S., Silnikov N.M., Spivak I.A., Spivak A.I. On the development of climatic shock-absorbing supports for personal body armor based on low-layer fabric protective structures // Proceedings of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences. 2023. No 4. Pp. 173–181.

16. Logatkin S.M., Denisov A.V., Ozeretskovsky L.B., Anisin A.V. Experimental modeling in modern wound ballistics // Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2018. V. 62. No 2. Pp. 144–149.

17. Silnikov N.M., Fomichev A.B., Guk I.V. et al. Application of ultra-high molecular weight polyethylene «Russil» for protection of ship hull structures / Collection of works of the second industry scientific and technical conference «New technologies in shipbuilding» (NTS–2023). St. Petersburg: JSC «CTSS», 2023. 200 p.

18. Silnikov N.M., Fomichev A.B., Guk I.V., Kotova A.A. Application of ultra-high molecular weight polyethylene «Russil» for the protection of coastal territories and waters / Collection of works of the second industry scientific and technical conference «New technologies in shipbuilding» (NTS–2024). St. Petersburg: JSC «CTSS», 2024. 220 p.