

Научная статья

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar81181>

Проблемы медико-биологического сопровождения процесса разработки перспективных бронезилетов

© А.В. Денисов¹, С.М. Логаткин², К.Н. Демченко¹, А.М. Носов¹, А.Б. Юдин², А.В. Анисин¹¹ Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия;² Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины, Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время в составе боевой экипировки бронезилет является основным средством, предназначенным для индивидуальной защиты торса человека от пуль, осколков и холодного оружия. С 1 марта 2019 г. в качестве национального стандарта Российской Федерации введен в действие ГОСТ 34286-2017, в котором одним из оцениваемых показателей стойкости бронеодежды к воздействию средств поражения является показатель заброневое воздействие поражающего элемента при непробитии защитной структуры, который не должен превышать значения, принятого в качестве предельно допустимого в установленном порядке. Это воздействие оценивается только по окончании разработки образца бронеодежды соответствующей аккредитованной организацией. Существующие методы определения допустимости показателя заброневое воздействие при непробитии защитной структуры принципиально можно разделить на медицинские, биолого-технические и технические. В Российской Федерации для определения уровня заброневое воздействие в аспекте степени тяжести заброневой контузионной травмы в основном применяется методика с использованием крупных лабораторных животных — свиней массой 80–90 кг. В то время как в странах НАТО для определения того же параметра используются человеческие трупы, отдельные ткани и органы, а также части туш крупных животных. Однако в настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом не существует единого методического подхода к оценке заброневое воздействие при испытании защитных изделий. В результате проведения целенаправленных исследований необходимо научное обоснование принципов моделирования данного воздействия при непробитии бронезилетов с последующей переработкой типовых методик государственных испытаний. В основу испытаний однозначно должен быть заложен метод, позволяющий получать параметры, выраженные в цифровом значении, и скоррелированный с результатами экспериментов на биообъектах. Именно такой «числовой» параметр и должен быть взят в качестве критерия оценки допустимости уровня ударного воздействия при испытании перспективных средств индивидуальной бронезащиты (библ.: 21 ист.).

Ключевые слова: бронезилет; заброневое ударное воздействие; защитная структура; методы испытания; непробитие; нормативно-техническая документация; поражающий элемент.

Как цитировать:

Денисов А.В., Логаткин С.М., Демченко К.Н., Носов А.М., Юдин А.Б., Анисин А.В. Проблемы медико-биологического сопровождения процесса разработки перспективных бронезилетов // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2021. Т. 40. № 2. С. 13–20. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar81181>

Рукопись получена: 10.06.2021

Рукопись одобрена: 15.06.2021

Опубликована: 29.06.2021

Scientific article

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar81181>

Problems of medical and biological support of the process of developing advanced bulletproof vests

© Alexey V. Denisov¹, Stanislav M. Logatkin², Konstantin N. Demchenko¹, Artem M. Nosov¹, Andrey B. Yudin², Alexey V. Anisin¹

¹ S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia;

² State Scientific Research Test Institute of the Military Medicine, Saint Petersburg, Russia

Currently, as part of combat equipment, body armor is the main tool designed for individual protection of a person's torso from bullets, shrapnel and steel arms. Since March 1, 2019, GOST 34286-2017 has been introduced as a national standard of the Russian Federation, in which one of the assessed indicators of the resistance of armored clothing to the effects of means of destruction is the indicator of the reserve effect of the striking element when the protective structure is not penetrated, which should not exceed the value taken as the maximum permissible in the prescribed manner. In this case, the pre-armor effect of a striking element in case of non-penetration of the protective structure is assessed only after the completion of the development of a sample of armored clothing by the corresponding accredited organization. The existing methods for determining the permissibility of the reserve impact indicator when the protective structure is not penetrated can in principle be divided into medical, biological and technical, and technical. In the Russian Federation, the method using large laboratory animals, pigs weighing 80–90 kg, is mainly used to determine the level of the reserve impact in terms of the severity of the reserve contusion injury. While in NATO countries, human corpses, individual tissues and organs, as well as parts of carcasses of large animals are used to determine the same parameter. However, at present, both in our country and abroad, there is no single methodological approach to assessing the impact of armor when testing protective products. As a result of targeted research, it is necessary to scientifically substantiate the principles of modeling this effect when the body armor is not penetrated with the subsequent processing of standard methods of state testing of body armor. The tests must be based on a method that allows obtaining parameters expressed in digital values and correlated with the results of experiments on biological objects. It is this "numerical" parameter that should be taken as a criterion for assessing the permissibility of the level of shock impact when testing promising personal body armor (bibliography: 21 refs).

Keywords: bulletproof vest; non-penetration; normative and technical documentation; pre-armor impact; protective structure; striking element; test methods.

To cite this article:

Denisov AV, Logatkin SM, Demchenko KN, Nosov AM, Yudin AB, Anisin AV. Problems of medical and biological support of the process of developing advanced bulletproof vests. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2021;40(2):13–20. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar81181>

Received: 10.06.2021

Accepted: 15.06.2021

Published: 29.06.2021

ВВЕДЕНИЕ

Проблема исследования заброневого контузионной травмы (ЗКТ), выработки адекватных оценочных критериев и методов ее оценки возникла сравнительно давно. Американские исследователи столкнулись с ней значительно раньше, чем российские, что связано с широким применением бронежилетов (БЖ) как в период Второй мировой войны, так и Войны в Корее 1950–1953 гг. [1].

В нашей стране исследование данных вопросов началось значительно позже — в начале 70-х гг., в связи с разработкой БЖ для МВД СССР, а затем, с 1980 г., в связи с созданием армейского БЖ 6Б2 (Ж-81), широко применявшегося военными 40-й армии в Республике Афганистан. Приоритет в исследовании ЗКТ при непробитии БЖ принадлежит специалистам Ржевского испытательного полигона Л.Б. Озерецковскому и его ученику М.В. Тюрину, тесно сотрудничавшими с Военно-медицинской академией [2].

Повышенный интерес к исследованию ЗКТ на современном этапе связывают с появлением на вооружении армий ведущих стран мира крупнокалиберного снайперского оружия [3].

К настоящему времени в ведущих западных странах разработаны стандарты, содержащие различные методики испытаний, предназначенные как для общегосударственных нужд, например HOSDB2007 (Департамента научных разработок МВД Великобритании); NIJ 0101.06 (Национального института юстиции США), так и для военного ведомства, например MIL-STD-662F в США и UK/SC/5449 в Великобритании [4]. В США подготовлен доработанный стандарт Института юстиции (NIJ 0101.07), который помимо прочего учитывает и особенности оценки БЖ для женщин [5].

В России к этому вопросу также нет единых подходов. Существующий ГОСТ 34286–2017, принятый вместо ГОСТ Р 50744–95 с 1.03.2019 г., устанавливает только общие требования к БЖ, а ГОСТа на методы оценки вообще не существует. В разных сертификационных центрах России отсутствуют единые методологические подходы как к проведению самих исследований, так и к оценке допустимости заброневого ударного воздействия (ЗУВ) в частности.

Дефицит научно обоснованных и экспериментально подтвержденных данных в области исследования ЗУВ поражающих элементов при непробитии БЖ, его моделирования и выработки однозначных критериев оценки допустимости ЗВ, несомненно, сказывается на перспективах дальнейшего развития средств индивидуальной бронезащиты (СИБ) и формировании их оптимальных защитных характеристик. Современная структура боевой хирургической патологии, характеризующаяся высокой частотой ранений, определяет актуальность совершенствования СИБ [6]. Это, несомненно, требует дальнейшего проведения работ по созданию соответствующих научно-исследовательских подходов и методик.

Цель исследования — провести анализ имеющейся отечественной и зарубежной методологической базы, касающейся оценки допустимости ЗУВ при непробитии БЖ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При разработке СИБ необходимо добиваться оптимального соотношения защитных и эргономических характеристик, т. е. найти некий баланс между степенью защиты и мобильностью военнослужащего. С точки зрения разработки новых конструкций бронеодежды основной медико-технической проблемой является определение допустимости уровня ЗУВ в аспекте степени тяжести ЗКТ. Слишком жесткие требования по этому параметру усложняют конструкцию БЖ, делая их более громоздкими, что в конечном итоге ухудшает эксплуатационные характеристики изделия.

В настоящее время ЗКТ травма груди и живота при непробитии БЖ рассматривается как разновидность огнестрельной травмы через БЖ с применением методологии объективной тяжести оценки механической травмы мирного времени, учитывающей полученные морфологические повреждения, а также тяжесть состояния пострадавшего [7].

По определению ГОСТ Р 50744–95, ЗКТ — это «повреждение кожного покрова и (или) внутренних органов человека от динамических нагрузок, возникающих при взаимодействии средств поражения с защитной структурой бронеодежды при получении кондиционных поражений» при соблюдении условия «отсутствия проникновения пули и продуктов взаимодействия пули с защитным элементом за тыльную сторону защитной структуры бронеодежды».

Согласно указанному ГОСТу¹, допустимыми признавались «ссадины, кровоподтеки и ограниченные подкожные гематомы. Единичные очаговые субплевральные кровоизлияния. Ушибленные раны. Очаговые внутримышечные кровоизлияния. Единичные кровоизлияния в брыжейку кишечника», приводящие к ограниченной боеспособности до 10 сут с полным ее восстановлением к 15–20 сут.

В новом межгосударственном стандарте ГОСТ 34286–2017², введенном в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии с 1 марта 2019 г. с отменой ГОСТ Р 50744–95, ЗУВ трактуется уже как «динамическое воздействие поражающего элемента при непробитии защитной структуры, определяемое показателем, нормируемым нормативным документом на конкретную продукцию или группу однородной продукции». В примечании содержится уточнение, что под данным показателем подразумевается параметр,

¹ ГОСТ Р 50744–95. Бронеодежда. Классификация и общие технические требования. Прин. Постановлением Госстандарта России от 09.09.98 № 345. Введ. с изм. № 1–4. М., 1995. 6 с.

² ГОСТ 34286–2017. Бронеодежда. Классификация и общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2018. 11 с.

через который задают критерий оценки изделия, значение которого получают в результате измерений, расчета и прогноза, а его «допустимое значение не должно превышать значения, принятого в качестве предельно допустимого в установленном порядке». При этом ЗУВ поражающего элемента при непробитии защитной структуры оценивается только по окончании разработки образца бронеодежды соответствующей аккредитованной организацией [8].

Однако на сегодняшний день можно смело констатировать, что ни одна отечественная организация не готова предложить простую объективную методику оценки ЗУВ или финансировать ее разработку для целей сертификации БЖ. Отсутствие единой методики испытаний в разных аккредитованных испытательных организациях может привести к получению и различных оценочных результатов. В условиях возникшей неопределенности назвать сам параметр и его предельно допустимое значение при разработке и согласовании ГОСТ 34286 не представлялось возможным. Что касается однократной оценки ЗУВ по окончании разработки образца, то с этим ни в коей мере нельзя согласиться — это повлечет за собой отсутствие всякого контроля за производством БЖ, что неминуемо скажется на их качестве [8].

По нашему мнению, при проведении сертификации бронеодежды ЗУВ при непробитии защитной структуры должно обязательно проверяться с использованием четких оценочных критериев. Его следует оценивать на моделях, стендах, с применением, например, таких физических параметров воздействия, как глубина, объем деформации заброневого материала, сила, мощность, отношение импульса давления ко времени и т. п. При этом проведение экспериментов на животных должно быть сведено к минимуму, а в перспективе — полностью исключено.

Перейдем к анализу существующей методической базы, имеющейся в нашей стране и за рубежом для испытаний БЖ, позволяющей получать некие четкие критерийные параметры.

Существующие методы определения допустимости показателя ЗУВ поражающего элемента при непробитии защитной структуры БЖ принципиально можно разделить на медицинские (определения тяжести закрытой локальной контузионной травмы с использованием животных и человеческих трупов); биолого-технические (определение глубины отпечатка в пластичном баллистическом имитаторе — глине, мыле; глубины и площади временной полости в эластичном имитаторе — желатине, геле) и технические (регистрация избыточного давления и его импульса внутри полости имитатора торса).

Первая группа методик, предполагающая определение допустимости уровня ЗУВ на основании оценки повреждений тканей и органов экспериментальных животных или человеческих трупов, в настоящее время должна использоваться лишь для корреляции показателей, получаемых при использовании технических методик, а также (в исключительных случаях) для решения экспертных

вопросов. Немаловажным препятствием для использования в испытаниях данных объектов являются проблемы законодательного и нравственного характера, а также недостаточная точность оценки, осуществляемой преимущественно описательным методом с использованием экспертных решений.

При проведении же рутинных испытаний должны применяться методы, предполагающие моделирование условий взаимодействия в системе «поражающий элемент–БЖ–объект защиты», и в этих случаях прибегают к имитации объекта защиты. В отечественных и зарубежных исследованиях предусматривается возможность использования двух принципиально отличающихся по своим физико-механическим свойствам групп материалов-биоимитаторов:

- пластичных (глина, пластилин, глицериновое мыло, петролатум) — сохраняющих остаточную деформацию после ударного воздействия;
- упруго-эластичных (желатин, баллистический гель) — способных восстанавливать свою форму в аналогичных условиях.

При использовании пластичных материалов оценку кондиционности БЖ производят по глубине и объему остаточной деформации заброневого материала. При использовании упруго-эластичных материалов определяются глубина и площадь временной полости в фазе ее максимального развития (по рентгенограммам или кадрам высокоскоростной видеофиксации).

В качестве основного материала-имитатора, применяемого у нас в стране при испытании армейских БЖ, используются желатиновые блоки из 20 % водного коллоидного раствора пищевого желатина. При этом по глубине и площади теневого изображения образующейся на рентгенограмме временной полости производится расчет прогнозируемой степени тяжести травмы (ПСТТ) по регрессионным зависимостям. Глубина упругой деформации желатинового блока для выполнения условия $PSTT \leq 2,0$ не должна превышать примерно 30 мм.

Метод с использованием желатиновых блоков имеет то преимущество, что, во-первых, в какой-то степени учитывается форма упругой деформации блока при осуществлении прогноза (не только ее глубина), а во-вторых, имеется возможность прогнозирования степени тяжести заброневого повреждения, получаемых пользователем БЖ. Кроме того, результаты экспериментов на желатиновых блоках согласуются с данными, полученными в опытах на животных и трупах людей.

Однако некоторые авторы отмечают ряд недостатков использования данного имитатора, утверждая, например, что пищевой желатин вообще непригоден для баллистических испытаний из-за различий упруго-эластических свойств блоков, изготовленных из разных сортов этого продукта, а также выраженной зависимости значений определяемых параметров от температурных условий исследований [9–11].

Стандартом испытаний БЖ для полиции США (NIJ Standard — 0101.06) определяется критерий тыльной деформации бронезащитного материала на уровне 44 мм. При этом в качестве имитатора объекта защиты используется глина Roma Plastilina № 1, располагающаяся в плотном контакте с бронепанелью. Использование глины для оценки ЗКТ не рассматривается как модель физических характеристик человеческого тела. Полагают, что этот материал дает возможность проводить только сравнительные исследования.

Методика испытаний БЖ, разработанная Полицией академией Германии, предполагает, что глубина деформации подложки в среднем не должна превышать максимально допустимого уровня, что составляет 36–44 мм для БЖ скрытого ношения и 18–22 мм — для тактических (боевых) БЖ.

Стандарт на БЖ для полиции Великобритании также имеет дифференцированный критерий оценки в зависимости от класса БЖ. Для тканевых БЖ это значение установлено равным 44 мм, а для БЖ с бронепанелями — 25 мм. К сожалению, научное обоснование как самих критериальных значений глубины отпечатка, так и их различий в зависимости от класса защиты БЖ в доступной литературе отсутствует.

В большинстве стандартов в качестве предельно допустимой глубины отпечатка принято 2-кратное значение глубины деформации имитатора, определяемой при калибровке. Имеющиеся различия в определенной степени связаны с диаметром сферической поверхности сбрасываемого груза, а также с высотой его сброса.

Очевидно, что при одинаковой массе груза и высоте сброса глубина деформации имитатора зависит от диаметра сферической торцевой поверхности. Это подтверждают данные по глубине отпечатка при калибровке по стандартам NIJ 0101.03 и NIJ 0101.04. В первом случае, при диаметре сферической части 44,5 мм, глубина деформации при калибровке составляет 25 ± 3 мм, а во втором ($\varnothing = 63$ мм) — 19 ± 2 мм. То есть при той же массе и высоте сброса груза глубина тем больше, чем меньше диаметр сферы.

Следует отметить, что существующие стандарты по оценке ЗВ при непробитии БЖ с использованием пластилина также подвергаются всесторонней критике. Это относится как к допустимости той или иной глубины вмятины [10, 12], так и к недостаткам самого материала, учитывая его выраженную температурную зависимость — при сбросе шара массой 1,03 кг с высоты 2 м глубина отпечатка при температуре 29 °С составляла 13 мм, а при температуре 35 °С — около 16 мм [13].

Ряд авторов вообще утверждают, что использование скульптурной глины (метод стандарта NIJ) в качестве подложки под бронезащиту отражает лишь характер ее тыльной деформации в результате баллистического воздействия, но не имеет ничего общего с ЗКТ [14].

На наш взгляд, основным недостатком глины и пластилина является то, что они обладают более высокой

плотностью (плотность пластилина составляет 1,4–1,6 г/см³, в то время как плотность мягких тканей человека находится в пределах от 1,02 до 1,04 г/см³) и не обладают такими упруго-эластическими свойствами, как мягкие ткани человека. К существенным недостаткам использования глины и пластилина можно отнести отсутствие достоверной корреляции между величиной остаточной деформации имитатора и тяжестью ЗКТ, а также отсутствие возможности учета временных параметров передачи энергии подлежащим тканям, что накладывает определенные ограничения на их применение.

К следующей группе можно отнести достаточно перспективные методы, предполагающие применение стеноидов-имитаторов торса, в основе которых лежит регистрация процесса деформации или ускорения локального участка имитатора в функции времени.

W. Tam et al. (2000) предложили модель грудной клетки с системой измерений, основанной на прерывании участком деформации тыльной поверхности модели параллельных лучей света, формируемых лазерным источником, расположенным над испытательным устройством, что воспринимается чувствительной матрицей [15].

C. Robbe в своих исследованиях использует механическую модель грудной клетки человека 3RBD (Humanetics), в которой возможность получения броневых повреждений оценивается путем анализа параметров процесса перемещения тыльной поверхности имитатора ребра во времени (глубины и скорости), получаемых с помощью установленной внутри имитатора лазерной измерительной системы [16].

Департаментом защиты Австралии для исследования БЖ разработан манекен «AUSMAN». Он состоит из металлической скелетной системы, имеющей подвижные реберно-позвоночные соединения, и содержит модели легких и сердца. Снаружи манекен покрыт имитатором кожи, изготовленным из полимерного материала RTV. По данным C. Bass et al. (2004), параметры деформации грудной клетки манекена AUSMAN (ускорение, скорость) сопоставимы с аналогичными характеристиками, полученными на трупах людей [17].

В Университете Джона Хопкинса (США) была разработана антропоморфная модель торса человека HSTM, с высокой точностью моделирующая не только мягкие ткани и костный остов грудной клетки, но и ее внутренние органы. Для получения информации о давлениях и ускорениях с использованием данной модели в разработанные имитаторы органов были встроены пьезоэлектрические датчики давления, а к задней поверхности грудины прикреплены акселерометры [18].

Из существующих в настоящее время отечественных разработок наиболее известной методикой является использование в качестве модели биомеханического имитатора туловища устройства БИТ-1. Он обеспечивает плотное прилегание профилированных бронепанелей и высокий коэффициент корреляции со значениями ПСТТ,

являясь при этом многоразовым и ремонтпригодным устройством. К недостаткам устройства можно отнести невозможность измерения параметров ударного нагружения при стрельбе в различные зоны бронепанели (без ее предварительного перемещения), а также невозможность фиксации БЖ к измерительному устройству целиком, что связано с неантропоморфностью его формы [19].

Перспективным отечественным антропоморфным стендом является баллистический имитатор торса для определения защитных свойств БЖ, разработанный инженерами ООО «Спецмедтехника» (Санкт-Петербург) совместно со специалистами Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова. Это устройство, выполненное в соответствии с антропометрическими параметрами человека, содержит внутреннюю полость, разделенную эластичной перегородкой на грудную и брюшную секции, заполненные жидкостью. Дополнительно внутренняя полость грудной секции содержит пузырь — имитатор легкого (левого и правого), наполненный воздухом и гранулами из твердого материала с добавлением пенообразователя. Внутри каждой секции и на эластичной перегородке расположены измерительные блоки, содержащие трехосевой акселерометр и пьезоэлектрический датчик давления [20].

Достаточно перспективной методикой считаем измерение высоты, площади, объема и скорости нарастания запреградного выступа бронепанели во времени с помощью высокоскоростной видеофиксации. На основе этого можно вывести расчетный импульс формируемого запреградного выступа и рекомендовать его в качестве одного из таких показателей [21].

В целом, несмотря на предпринимаемые усилия по созданию таких достаточно сложных моделей, вопрос обоснования и выбора значимых измеряемых параметров для оценки заброневоего удара остается нерешенным. Для практических целей предложенные модели до настоящего времени не были реализованы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Iremonger M.S., Gotts P.L. Practical personal ballistic protection: Past, present, and future // Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2002). 2002 November 18–22. Hague, Netherlands, 2002. P. 12.
2. Тюрин М.В. Морфофункциональная характеристика тупой травмы грудной клетки, защищенной бронезиловым. Дис. ... канд. мед. наук. Л., 1987. 146 с.
3. Hinsley D.E., Tam W., Evison D. Behind armour blunt trauma to the thorax – physical and biological models // Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2002). 2002 November 18–22. Hague, Netherlands, 2002. P. 9.
4. Gotts P.L. Personal Armour Test Standards – Development and Use // Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2014). 2014 September 08–12. Cambridge. United Kingdom, 2014. No. 32.
5. Greene M., Horlick J., Longhurst D., et al. The Next Revision of the NIJ Performance Standard for Ballistic Resistance of Body

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время как в России, так и за рубежом отсутствуют единые критерии оценки качества БЖ, что диктует необходимость продолжения целенаправленных исследований по рассматриваемому вопросу с целью получения научного обоснования принципов моделирования ЗУВ при непробитии БЖ с последующей переработкой типовых методик государственных испытаний БЖ. В частности, методология проведения испытаний должна быть современной, в достаточной степени простой и понятной, воспроизводимой с требуемой точностью в различных организациях Минобороны России и промышленности, отражая возможную тяжесть повреждения у пользователя БЖ в идентичных условиях воздействия. В основу испытаний должен быть заложен метод, позволяющий получать параметры, выраженные в цифровом значении, и скоррелированный с результатами экспериментов на биообъектах. В качестве критерия оценки допустимости уровня ЗУВ при испытании перспективных СИБ должен быть взят «числовой» параметр, понятный всем специалистам, участвующим в испытаниях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» (протокол № 838 от 15.09.2021 г.).

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Armour, NIJ Standard 0101.07: Changes to Test Methods and Test Threats // Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2018). 2018 October 01–05. Washington, USA, 2018. P. 1–7.

6. Тришкин Д.В., Крюков Е.В., Чуприна А.П., и др. Эволюция концепции оказания медицинской помощи раненым и пострадавшим с повреждениями опорно-двигательного аппарата // Военно-медицинский журнал. 2020. Т. 341, № 2. С. 4–11.

7. Озерцовский Л.Б., Гуманенко Е.К., Бояринцев В.В. Раневая баллистика: История и современное состояние огнестрельного оружия и средств индивидуальной бронезащиты. СПб.: Калашников, 2006. 374 с.

8. Крайнюков П.В., Денисов А.В., Кокорин В.В. Проблемы медико-технического сопровождения процесса разработки и постановки бронезилов на серийное производство // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. 2020. № 3. С. 21–29.

9. Зигерл П. Желатин как испытательная среда // *Deutsches Waffen Journal*. Русское издание. 2006. Вып. 2. С. 54–59.
10. Споры вокруг стандартов на средства бронезащиты тела. Пер. с англ. Странберг В.К. *Law Enforcement Technology*. Октябрь 1990 г. Б. и. С. 24–27.
11. Sellier K., Kneubuehl B.P. *Wundballistik und ihre ballistischen Grundlagen*. Berlin: Springer, 2001. P. 228–237.
12. Кобылкин И.Ф., Летников А.Ю. Биомеханическая модель взаимодействия непроникающих поражающих элементов с биообъектом // *Вопросы оборонной техники*. 2003. Сер. 16, вып. 11–12. С. 46–51.
13. Rice K.D., Lightsey S.L. Backing material and test sample template studies in support of the NIJ Standard – 0101.04 // *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2002)*. 2002 November 18–22. Hague, Netherlands, 2002. P. 7.
14. Gotts P., Kelly P. Ballistic testing: what do the results mean // *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2002)*. 2002 November 18–22. Hague, Netherlands, 2002. P. 5.
15. Tam W., Dorn M.R., Gotts P. A New Method for Quantifying Behind Armour Blunt Trauma // *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2000)*. 2000 September 05–08. Colchester, United Kingdom, 2000. P. 367–370.
16. Robbe C., Nsiampa N., Papy A., Oukara A., Meersman K. A new thoracic surrogate for assessing the impact of kinetic energy

- non-lethal projectiles // *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2014)*. 2014 September 08–12. Cambridge. United Kingdom, 2014. No. 40.
17. Bass C.R., Salzar R., Davis M., et al. Injury Risk in Behind Armor Blunt Thoracic Trauma // *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2004)*. 2004 September 07–10. Rijswijk. Netherlands, 2004. P. 115–119.
18. Roberts J.C., Biermann P.J., O'Connoet J.V., et al. Modeling non-penetrating ballistic impact on a human torso // *Johns Hopkins APL technical digest*. 2005. Vol. 26, No. 1. P. 84–92.
19. Логаткин С.М. Гигиеническое обоснование принципов нормирования заброневое воздействие поражающих элементов при непробитии бронезилета. Дис. ... докт. мед. наук. СПб., 2007. 270 с.
20. Миляев А.В., Куринной Е.Д., Жуков И.Е., и др. Патент РФ № 2019104740, 19.02.2019. Баллистический имитатор торса для определения защитных свойств бронезилета // Патент России № 191733. 2019. Бюл. № 23.
21. Цуриков С.Г. Оценка параметров выступа при непробитии бронепанели поражающим элементом на основе высокоскоростной видеорегистрации // *Вопросы оборонной техники*. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. 2020. № 5–6 (143–144). С. 112–120.

REFERENCES

1. Iremonger MS, Gotts PL. Practical personal ballistic protection: Past, present, and future. *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2002)*. 2002 November 18–22. Hague, Netherlands; 2002:12.
2. Tyurin MV. *Morpho-functional characteristics of blunt chest trauma protected by body armor*. Ph.D. thesis (Medicine). Leningrad; 1987. 146 p. (In Russ.)
3. Hinsley DE, Tam W, Evison D. Behind armour blunt trauma to the thorax – physical and biological models. *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2002)*. 2002 November 18–22. Hague, Netherlands; 2002:9.
4. Gotts PL. Personal Armour Test Standards – Development and Use. *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2014)*. 2014 September 08–12. Cambridge. United Kingdom; 2014:32.
5. Greene M, Horlick J, Longhurst D, et al. The Next Revision of the NIJ Performance Standard for Ballistic Resistance of Body Armour, NIJ Standard 0101.07: Changes to Test Methods and Test Threats. *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2018)*. 2018 October 01–05. Washington, USA; 2018:1–7.
6. Trishkin DV, Kryukov EV, Chuprina AP, et al. The evolution of the concept of medical care for the wounded and injured with injuries of the musculoskeletal system. *Military Medical Journal*. 2020;341(2): 4–11. (In Russ.)
7. Ozeretskovskiy LB, Gumanenko EK, Boyarintsev VV. *Wound ballistics: history and current state of firearms and personal armor protection*. Saint Petersburg: Kalashnikov Publisher; 2006. 374 p. (In Russ.)
8. Krainyukov PV, Denisov AV, Kokorin VV. Problems of medical and technical support for the development and setting of armor vests for serial production. *Scientific bulletin of the military-industrial complex of Russia*. 2020;(3):21–29. (In Russ.)
9. Zigerl P. Gelatin as a test medium. *Deutsches waffen Journal. Russian edition*. 2006;(Issue. 2):54–59. (In Russ.)
10. *Disputes over standards for body armor*. Transl. from English by V.K. Stranberg. *Law Enforcement Technology*. October 1990. P. 24–27. (In Russ.)
11. Sellier K, Kneubuehl BP. *Wundballistik und ihre ballistischen Grundlagen*. Berlin: Springer; 2001. P. 228–237.
12. Kobylkin IF, Letnikov AYU. Biomechanical model of the interaction of non-penetrating damaging elements with a biological object. *Questions of defense technology*. 2003;16(11–12):46–51. (In Russ.)
13. Rice KD, Lightsey SL. Backing material and test sample template studies in support of the NIJ Standard – 0101.04. *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2002)*. 2002 November 18–22. Hague, Netherlands; 2002:7.
14. Gotts P, Kelly P. Ballistic testing: what do the results mean. *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2002)*. 2002 November 18–22. Hague, Netherlands; 2002:5.
15. Tam W, Dorn MR, Gotts P. A New Method for Quantifying Behind Armour Blunt Trauma. *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2000)*. 2000 September 05–08. Colchester, United Kingdom; 2000:367–370.
16. Robbe C, Nsiampa N, Papy A, Oukara A, Meersman K. A new thoracic surrogate for assessing the impact of kinetic energy non-lethal projectiles. *Proceedings of Personal Armour Systems Symposium (PASS2014)*. 2014 September 08–12. Cambridge. United Kingdom; 2014:40.
17. Bass CR, Salzar R, Davis M, et al. Injury Risk in Behind Armor Blunt Thoracic Trauma. *Proceedings of Personal Armour Systems*

Symposium (PASS2004). 2004 September 07–10. Rijswijk, Netherlands: 2004:115–119.

18. Roberts JC, Biermann PJ, O'Connoet JV, et al. Modeling non-penetrating ballistic impact on a human torso. *Johns Hopkins APL technical digest*. 2005;26(1):84–92.

19. Logatkin SM. *Hygienic substantiation of the principles of rationing of the armor effect of striking elements in case of non-penetration of a bulletproof vest*. D.Sc. thesis. Saint Petersburg; 2007. 270 p. (In Russ.)

20. Milyaev AV, Kurinnoy ED, Zhukov IE, et al. Patent No. 2019104740, 19.02.2019. Ballistic torso simulator for determining the protective properties of body armor. Patent of Russia No. 191733. 2019. Bul. No. 23. (In Russ.)

21. Tsurikov SG. Estimation of the parameters of the protrusion when the armor panel is not penetrated by a striking element based on high-speed video recording. *Defense technology issues. Series 16: Technical means of countering terrorism*. 2020;5–6(143–144): 112–120. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ

Алексей Викторович Денисов, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8846-973X>;
eLibrary SPIN: 6969-0759; AuthorID: 668429;
ResearcherID: I-6536-2016; e-mail: denav80@mail.ru

Станислав Михайлович Логаткин, доктор мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9954-2787>;
eLibrary SPIN: 8995-2549; AuthorID: 871954;
e-mail: logatkin.stanislav@yandex.ru

***Константин Николаевич Демченко**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика
Лебедева, д. 6; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5437-1163>;
eLibrary SPIN: 7549-2959; AuthorID: 958044;
ResearcherID: ABA-2384-2021; e-mail: phantom964@mail.ru

Носов Артем Михайлович, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9977-6543>;
eLibrary SPIN: 7386-3225; AuthorID: 3443701;
Researcher ID: AAY-8133-2021; e-mail: artem_svu06@mail.ru

Андрей Борисович Юдин, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5041-7267>;
eLibrary SPIN: 7060-1221; AuthorID: 751473;
e-mail: yudin_a73@mail.ru

Алексей Владимирович Анисин, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1526-1778>;
eLibrary SPIN: 1213-3797; AuthorID: 950276;
e-mail: av.anisin@mail.ru

AUTHORS' INFO

Alexey V. Denisov, M.D., Ph.D. (Medicine);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8846-973X>;
eLibrary SPIN: 6969-0759; AuthorID: 668429;
ResearcherID: I-6536-2016; e-mail: denav80@mail.ru

Stanislav M. Logatkin, M.D., D.Sc. (Medicine);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9954-2787>;
eLibrary SPIN: 8995-2549; AuthorID: 871954;
e-mail: logatkin.stanislav@yandex.ru

***Konstantin N. Demchenko**, M.D., Ph.D. (Medicine);
address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044,
Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5437-1163>;
eLibrary SPIN: 7549-2959; AuthorID: 958044;
ResearcherID: ABA-2384-2021; e-mail: phantom964@mail.ru

Artem M. Nosov, M.D., Ph.D. (Medicine);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9977-6543>;
eLibrary SPIN: 7386-3225; AuthorID: 3443701;
Researcher ID: AAY-8133-2021; e-mail: artem_svu06@mail.ru

Andrey B. Yudin, M.D., Ph.D. (Medicine);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5041-7267>;
eLibrary SPIN: 7060-1221; AuthorID: 751473;
e-mail: yudin_a73@mail.ru

Alexey V. Anisin, M.D., Ph.D. (Medicine);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1526-1778>;
eLibrary SPIN: 1213-3797; AuthorID: 950276;
e-mail: av.anisin@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author