

УДК 623.4

doi: 10.53816/20753608_2025_2_151

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ
СТРЕЛОВИДНЫХ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ
НА ЗАЩИТНЫЕ СТРУКТУРЫ**

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE IMPACT
OF ARROW-SHAPED IMPACTORS ON DEFENSE STRUCTURES**

По представлению чл.-корр. РАРАН Н.М. Сильникова

А.И. Спивак, Р.А. Печеник, Д.Н. Васильев, А.А. Котова, В.Д. Насонов, С.Н. Васильева

НПО Спецматериалов

A.I. Spivak, R.A. Pechenik, D.N. Vasiliev, A.A. Kotova, V.D. Nasonov, S.N. Vasiliev

В статье представлена сравнительная оценка стойкости к воздействию стреловидных поражающих элементов полимерных защитных шлемов и защитных шлемов «Колпак 20» с комбинированной защитной структурой. На основе серии экспериментов показано, что баллистический предел стойкости полимерного шлема к воздействию стреловидных поражающих элементов составляет 120 м/с. Баллистический предел стойкости защитного шлема «Колпак 20» с комбинированной защитной структурой к воздействию стреловидных поражающих элементов составляет более 707 м/с, что более чем в 5,9 раз выше показателя, установленного для защитной структуры полимерного шлема.

Ключевые слова: стреловидный поражающий элемент, защитный шлем, полимерная защитная структура, комбинированная защитная структура, баллистический предел пробития защитной структуры.

The article presents a comparative assessment of the resistance to the impact of arrow-shaped striking elements of polymer protective helmets and protective helmets «Kolpak 20» with a combined protective structure. Based on a series of experiments, it is shown that the ballistic limit of resistance of the polymer helmet to the impact of arrow-shaped striking elements is 120 m/s. The ballistic limit of resistance of the protective helmet «Kolpak 20» with a combined protective structure to the impact of arrow-shaped striking elements is more than 707 m/s, which is more than 5.9 times higher than the indicator established for the protective structure of the polymer helmet.

Keywords: arrow-shaped striking element, protective helmet, polymer protective structure, combined protective structure, ballistic penetration limit of protective structure.

Основными направлениями развития боевой экипировки военнослужащих Сухопутных войск, Воздушно-десантных войск и морской пехоты ВМФ России, в том числе защитных шлемов, являются снижение массы; снижение демаскирующих свойств и повышение защитных свойств от регламентированных средств поражения [1, 2].

Одним из направлений снижения массы защитных шлемов является применение в их конструкциях полимерных материалов. Характеристики полимерных бронешлемов представлены в табл. 1 [3].

Полимерные шлемы, изготовленные с применением арамидных тканей или материалов

из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), обладают существенным преимуществом по сравнению с ранее производимыми шлемами из металлических материалов или стеклопластика. Так, при одинаковой массе в 1,5 кг полимерные шлемы обеспечивают противоосколочную стойкость $V_{50\%}$ на уровне 650–680 м/с, в то время как для стальных шлемов этот показатель составляет всего 250 м/с.

Однако такие шлемы имеют и ряд недостатков. Во-первых, это низкая стойкость к пробитию высокоскоростными стреловидными поражающими элементами (СПЭ) — одним из важных факторов поражающего воздействия современных артиллерийских боеприпасов [3]. Во-вторых, высока вероятность значительного запреградного воздействия на голову из-за расслоения тканевых слоев при поражении и образования выпучины на внутренней поверхности корпуса шлема. Кроме этого, необходимо учитывать влияние климатических факторов (перепады температур, атмосферные осадки, солнечная радиация) на сохранение защитных свойств полимерных шлемов в процессе их эксплуатации [3].

Опыт проведения специальной военной операции показал, что несмотря на запрет международной конвенции от 2008 года вооруженные силы Украины (ВСУ) широко используют шрапнельные артиллерийские снаряды. Так, в состав боекомплекта 155-мм французской самоходной артиллерийской установки CAESAR входят шрапнельные снаряды [4]. Вид 155-мм французской самоходной

артиллерийской установки CAESAR и разрыва ее шрапнельного снаряда представлен на рис. 1.

Характеристики зарубежных шрапнельных артиллерийских снарядов, содержащих стреловидные поражающие элементы, представлены в табл. 2 [4].

Схема 105-мм снаряда APER-S XM580E1 «BEEHIVE» представлена на рис. 2 [4].

Кроме этого, в арсенале ВСУ имеются шрапнельные снаряды советского производства, которые им достались после раздела вооружения СССР. При совершении провокаций в городах Ирпень и Буча Киевской области мирное население было обстреляно шрапнельными снарядами, содержащими СПЭ. Британские издания опубликовали результаты судебно-медицинской экспертизы тел, в которых были обнаружены СПЭ. Вид этих СПЭ представлен на рис. 3 [4].

Эта версия британских изданий шла вразрез с официальной позицией Киева, который утверждал, что люди на улицах были казнены российскими военными с использованием огнестрельного оружия. Наличие таких СПЭ доказывает, что погибшие попали под обстрел шрапнельными снарядами украинской артиллерии [4].

Кроме этого, отмечаются случаи поражения СПЭ военнослужащих, экипированных полимерными шлемами. На рис. 4 представлена голова военнослужащего после пробития полимерного шлема СПЭ, причем часть подтулейного устройства шлема оказалась прикрепленной к голове за счет СПЭ [5].

Таблица 1

Характеристики полимерных бронешлемов

№ п/п	Наименование бронешлема, производитель	$V_{50\%}^*$, м/с	Площадь защиты, дм ²	Масса, кг
1	Бронешлем облегченный инд. 6Б26 (Россия)	600	11,0	0,90
2	Бронешлем инд. 6Б27 (Россия)	700	12,0	1,25
3	Бронешлем десантника инд. 6Б28 (Россия)	580	11,0	1,00
4	Бронешлем инд. 6Б7-1М (Россия)	650	12,5	1,20
5	Бронешлем инд. 6Б47 (Россия)	650	12,0	1,00
6	Бронешлем ACH Gentex (США)	669	11,5	1,39
7	Бронешлем 303AU Rabintex (Израиль)	700	11,5	1,25
8	Бронешлем ВК-4 Sestan-Busch (Хорватия)	720	12,6	1,58
9	Бронешлем ACH Zebra Armour (ЮАР)	660	11,5	1,30
10	Бронешлем Advanced Combat MKU (Индия)	650	11,0	1,53
11	Бронешлем ВК-3 Mars Armor (Болгария)	650	11,5	1,45

Примечание: * $V_{50\%}$ — показатель противоосколочной стойкости, скорость при которой вероятность непробития защитной структуры равна 0,5



а



б

Рис. 1. Вид 155-мм французской самоходной артиллерийской установки CAESAR (а) и разрыва шрапнельного артиллерийского снаряда (б)

Таблица 2

Характеристики зарубежных шрапнельных артиллерийских снарядов, содержащих СПЭ

№ п/п	Калибр, индекс снаряда, система	Разработчик	Скорость снаряда, м/с	Количество СПЭ, шт.	Масса ПЭ, г
1	105 мм APER-S XM580E1 «BEEHIVE»	США	914–945	9000	0,52
2	152 мм снаряд M625 к танку M551 «Шеридан»	США	686	10000	0,85
3	105 мм M546 к гаубице M101	США	494	8000	0,52
4	90 мм XM580E1 к пушке M-41 танков M47/M48 Patton III	США	914	4100	0,52
5	90 мм Canister M377 к пушке M-41 танков M47/M48 Patton III	США	851–914	5600	0,52
6	105 мм APERS-T к танковой пушке L7 к танкам «Центурион», «Леопард-1», M60, «Абрамс», K1	Велико-британия	1174	5000	—

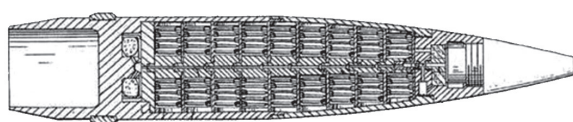


Рис. 2. Схема 105-мм снаряда APER-S XM580E1 «BEEHIVE» (США)



Рис. 3. Вид СПЭ, обнаруженного в телах жителей г. Буча

Для оценки баллистического предела полимерного шлема класса защитной структуры Бр 1 была проведена серия экспериментов стрельбой из 8,05-мм гладкого баллистического ствола с использованием камеры высокого давления, соединенного системой шлангов с баллоном с гелием [6, 7]. Шлем крепился с помощью штатной подтулейной системы на деревянном макете головы. Перед каждым выстрелом с помощью лазерного целеуказателя (ЛЦУ) уточнялась точка прицеливания. Скорость СПЭ массой 1,26 г определялась на участке траектории длиной 0,40–0,42 м от дульного среза на фоне контрастного щита при помощи скоростной видеокамеры, с погрешностью ± 9 м/с.

В результате испытаний по утвержденной и апробированной методике [8] был установлен баллистический предел стойкости полимерного шлема к воздействию СПЭ, который составил 120 м/с. При более высокой скорости СПЭ

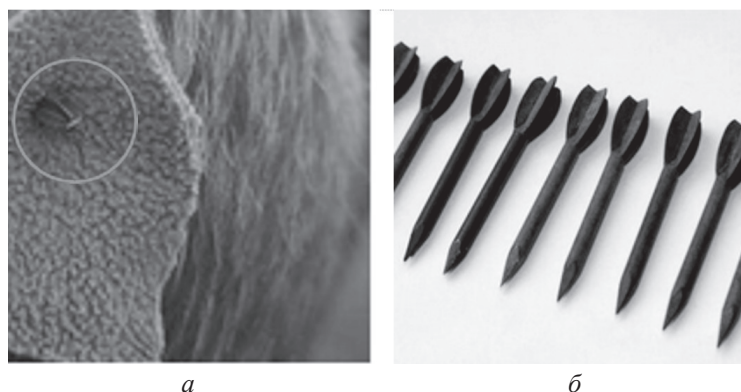


Рис. 4. Вид головы военнослужащего после пробития полимерного шлема СПЭ (а) и вид СПЭ (б)

обеспечивается гарантированное его проникание за тыльную сторону защитной композиции шлема. Виды поражения полимерного шлема при различных скоростях СПЭ представлены на рис. 5.

Кроме этого, для оценки пробивной способности СПЭ массой 0,85 г при взаимодействии с полимерными защитными структурами была проведена серия экспериментов [4]. Испытаниям подвергалась типовая тканево-полимерная защитная структура шлема, размещенная для обстрела на специальном деревянном манекене головы. При испытаниях определялись: факт пробития защитной структуры (выхода СПЭ за пределы защитной структуры) и величина выхода СПЭ за пределы полной защитной структуры. Испытания проводились в диапазоне скоростей СПЭ от 175 м/с до 550 м/с. При проведении испытаний на всех выстрелах были зафиксированы случаи пробития защитных структур (выход «носика» СПЭ за пределы защитных структур). В результате обработки экспериментальных данных получена статистическая модель зависимости глубины выхода СПЭ из защитной структуры от скорости СПЭ при взаимодействии с защитной структурой с использованием метода наименьших квадратов.

Вид статистической модели зависимости глубины выхода СПЭ из защитной структуры от скорости СПЭ представлен в табл. 3.

Анализ результатов испытаний полимерных шлемов показывает, что в зависимости от массы СПЭ баллистический предел шлема составляет 120–140 м/с, что подтверждает значительное могущество шрапнельных артиллерийских снарядов, содержащих СПЭ, при стрельбе по живой силе, экипированной полимерными шлемами.

В связи с полученными неудовлетворительными результатами по стойкости полимерных шлемов к воздействию СПЭ была проведена серия экспериментов по определению стойкости комбинированных шлемов к воздействию СПЭ [6, 7]. В качестве объекта испытаний был использован шлем защитный «Колпак 20» НМРБ.305232.002ТУ производства АО «НПО Спецматериалов», предназначенный для защиты головы человека от пуль огнестрельного оружия по классу защитной структуры Бр 2 ГОСТ Р 57560 и осколков по классу защитной структуры С2 (с баллистическим пределом $V_{50\%}$ не менее 800 м/с). Вид шлема защитного «Колпак 20» представлен на рис. 6.

Площадь защиты шлема «Колпак 20» по классу защитной структуры Бр 2 составляет 10 дм² при массе 1,86 кг. Шлем состоит из корпуса, амортизирующей и удерживающей систем, образующих подтулейное устройство. Корпус состоит из стальной заготовки и защитного элемента, изготовленного из СВМПЭ «РУССИЛ» [9, 10], запрессованного с внутренней стороны заготовки. Из СВМПЭ «РУССИЛ» делается заготовка, которая впоследствии методом термопрессования крепится к стальной основе. Процесс изготовления заготовок из СВМПЭ «РУССИЛ» на заводе специальных материалов АО «НПО Спецматериалов» представлен на рис. 7.

Удерживающая система шлема «Колпак 20» имеет четыре точки крепления к корпусу и состоит из подбородочного и затылочного ремней, обеспечивающих индивидуальную регулировку изделия по объему головы и высоте посадки. Изделие изготавливается универсальным по размеру на головы с обхватом от 55 до 62 см. Амортизирующая система шлема изготавливается в виде

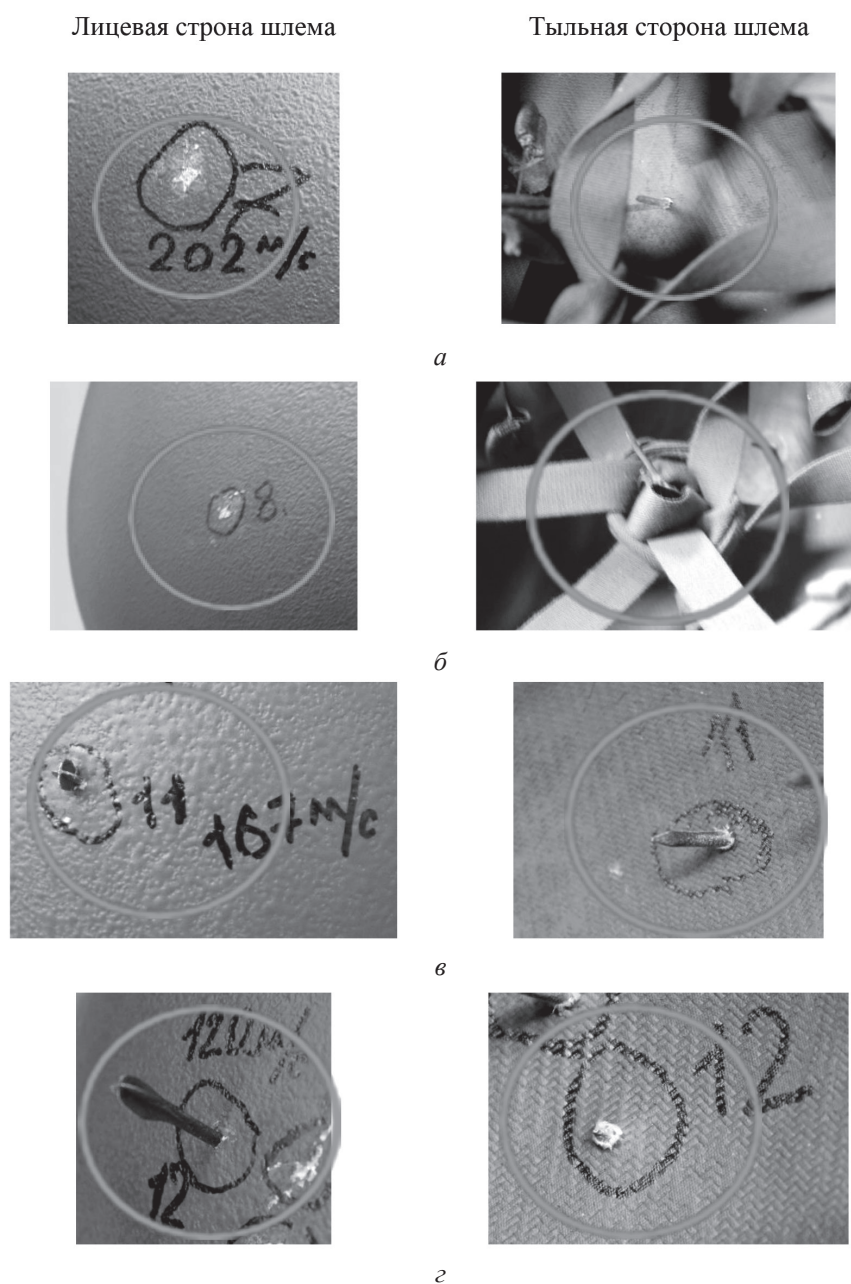


Рис. 5. Виды поражения полимерного шлема СПЭ при различных скоростях:
 а — $V_{СПЭ} = 202$ м/с; б — $V_{СПЭ} = 193$ м/с; в — $V_{СПЭ} = 167$ м/с, г — $V_{СПЭ} = 120$ м/с

Таблица 3

Вид статистической модели зависимости глубины выхода СПЭ из защитной структуры от скорости СПЭ при взаимодействии с защитной структурой

№ п/п	Масса СПЭ, г	Вид статистической модели	Коэффициенты модели		Среднее отклонение, %	Средне-квадратическое отклонение	Коэффициент корреляции
			a	b			
1	0,85	$Y = a + bx^2$	-0,652	0,00033	4	0,600	0,9990

Примечание: область определения аргумента от 175 м/с до 550 м/с



Рис. 6. Вид шлема защитного «Колпак 20»

подушек из вспененных полимерных материалов. Изделие упаковывается в индивидуальную сумку.

Вид шлема защитного «Колпак 20» на голове военнослужащего представлен на рис. 8.

Стрельба СПЭ по шлему защитному «Колпак 20» производилась из нарезного баллисти-

ческого ствола с использованием специальной сборки, расположенной в гильзе 7,62×39 мм или в гильзе 7,62×54R мм. Защитный шлем крепился с помощью штатной подтулейной системы на деревянном макете головы. Перед каждым выстрелом с помощью ЛЦУ уточнялась точка прицеливания.



Рис. 7. Процесс изготовления заготовок из СВМПЭ «РУССИЛ» для шлемов защитных «Колпак 20»



Рис. 8. Вид шлема защитного «Колпак 20» на голове военнослужащего

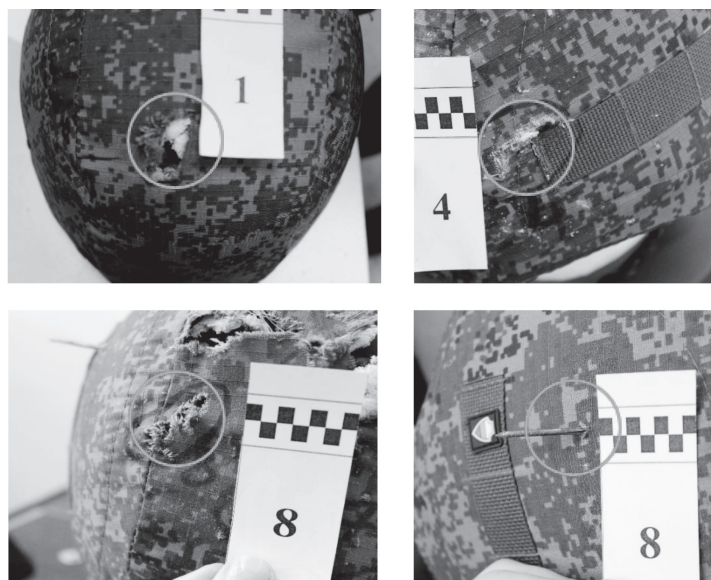


Рис. 9. Вид характерных повреждений чехла шлема после рикошета СПЭ

Стрельба проводилась в диапазоне скоростей СПЭ от 192 м/с до 707 м/с. На всех выстрелах были получены непробития защитных структур. СПЭ при взаимодействии с защитной структурой шлема рикошетировали от стальной поверхности. При этом, чехол шлема выполнил роль противорикошетного экрана и подавляющее большинство СПЭ после рикошета от стальной поверхности шлема были удержаны чехлом. Вид характерных повреждений чехла шлема после рикошета СПЭ представлен на рис. 9.

Анализ результатов, представленных на рис. 9, показывает, что остаточная кинетическая энергия СПЭ после рикошета при взаимодействии с защитной структурой шлема (опыт № 8) позволяет СПЭ продолжить движение внутри чехла на некоторое расстояние с последующим разворотом и вторичным частичным прониканием через чехол шлема.

Кроме этого, отмечаются единичные случаи обратного рикошета СПЭ от поверхности защитной структуры шлема. При этом, СПЭ после взаимодействия с защитным шлемом

значительно деформируется и не представляет значительной опасности после рикошета. Вид СПЭ при движении по направлению к защитной структуре защитного шлема представлен на рис. 10, а вид рикошетирующего от поверхности защитного шлема деформированного СПЭ — на рис. 11.

Таким образом, защитная структура шлема защитного «Колпак 20» гарантированно обеспечивает стойкость к воздействию СПЭ при скорости до 707 м/с, что в 5,9 раз выше показателя, установленного для защитной структуры полимерного шлема. Полученные результаты по оценке стойкости защитных шлемов различных конструкций к воздействию СПЭ, содержащихся в артиллерийских шрапнельных снарядах, могут быть использованы для оценки поражения живой силы в средствах индивидуальной бронезащиты [11] в условиях информационной неопределенности [12]. Шлем защитный «Колпак 20» значительно превосходит полимерные шлемы по противопопульной стойкости, противоосколочной стойкости и стойкости



Рис. 10. Вид СПЭ при движении по направлению к защитной структуре шлема защитного



*Рис. 11. Вид деформированного СПЭ,
рикошетирующего от поверхности шлема
защитного*

к воздействию СПЭ и является надежным средством индивидуальной бронезащиты, позволяющем существенно сократить боевые потери военнослужащих с локализацией травмы в область головы.

Список источников

1. Зубарев И.И., Самородский М.В., Бойко В.П. и др. Основные направления развития боевой экипировки военнослужащих Сухопутных войск, Воздушно-десантных войск, и морской пехоты ВМФ // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2013. № 3–4 (57–58). С. 45–54.
2. Чикирев О.С., Карпов И.А. О создании боевой экипировки военнослужащих Вооруженных сил России. // Защита и безопасность. 2009. № 3. С. 23–25.
3. Харченко Е.Ф. Композитные, текстильные и комбинированные бронематериалы. Том 2. Современные защитные структуры и средства индивидуальной бронезащиты. М., 2014. 350 с.
4. Пучков А.С., Спивак А.И., Печеник Р.А. и др. Проблемные вопросы разработки средств индивидуальной бронезащиты и оценки их стойкости к воздействию стреловидных поражающих элементов шрапнельных артиллерийских боеприпасов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2024. № 2 (132). С. 125–133.
5. Игольчатый поражающий элемент (флешетт) пробивший шлем нашего бойца. URL: <https://dzen.ru/b/ZCWZnuH6fyhkKtlb?ysclid=mb0kabwx5s918068325> (дата обращения: 02.06.2025).
6. Пучков А.С., Спивак А.И., Печеник Р.А. Промежуточный отчет по НИР «Разработка методики испытаний средств индивидуальной бронезащиты на стойкость к воздействию готовых стреловидных поражающих элементов шрапнельных артиллерийских снарядов». СПб.: АО «НПО Спецматериалов», 2024. 19 с.
7. Пучков А.С., Спивак А.И., Печеник Р.А. Отчет об испытаниях шлемов защитных на стойкость к воздействию стреловидных поражающих элементов. СПб.: АО «НПО Спецматериалов», 2025. 17 с.
8. Методика проведения испытаний защитных структур на стойкость к воздействию стреловидных поражающих элементов. СПб.: АО «НПО Спецматериалов», 2024. 12 с.
9. Сильников Н.М., Фомичев А.Б., Гук И.В. и др. Защита судовых конструкций сверхвысокомолекулярным полиэтиленом «РУССИЛ» // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды XXVII Всероссийской научно-практической конференции. 2024. Т. 2. С. 96–99.
10. Гук И.В., Новак О.С. Нет силы против «РУССИЛа» // Защита и безопасность. 2024. № 3 (110). С. 24–25.
11. 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.
12. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Пугачев А.Н. и др. Методологические проблемы информационной неопределенности при разработке средств индивидуальной бронезащиты // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2014. № 11–12. С. 11–16.