

---

## Разработка керамокомпозитных бронепанелей по классам защиты Бр4, Бр5 ГОСТ 34286-2017

*М.А. Олейниченко, А.П. Цепляев*

*АО «Каменскволокно», г. Каменск-Шахтинский*

**Аннотация:** для обеспечения класса защиты Бр4, Бр5 ГОСТ 34286-2017 «Бронеодежда. Классификация и общие технические требования» используют бронепластины из бронесталей или комбинированные бронепластины из твердого керамического материала и арамидной или полиэтиленовой подложки. Наиболее перспективными являются бронепластины, состоящие из керамического слоя и арамидной подложки. Стальные бронеплиты в настоящее время наиболее распространены в Российской армии, однако, имеют существенный недостаток – это большой вес.

В данной работе:

- был проведён подбор композиционных структур баллистического назначения с применением материала, изготовленного в АО «Каменскволокно»;
- получены опытные образцы композиционных структур баллистического назначения;
- проведены баллистические испытания образцов.

**Ключевые слова:** керамокомпозитная бронепанель, класс защиты Бр4, класс защиты Бр5, бронезащита, баллистическая защита, арамидная ткань.

Каждый день из средств массовой информации мы узнаем о новых вооруженных конфликтах и террористических актах. В связи со столь нестабильной обстановкой во всем мире, вопрос защиты человеческой жизни, и в первую очередь жизни военнослужащего, человека, оказывающегося в самом эпицентре событий, всегда остается открытым.

Защитную функцию выполняет слой материала, обладающий достаточно большой прочностью, вязкостью и другими механическими параметрами, стоящими на высоком уровне, становящийся преградой для различного по силе и интенсивности воздействия на объект, окружаемый этим слоем, и называемый броней [1]. Материалы, применяемые наиболее широко для производства современной брони, это:

- высокопрочные качественные стали с большой вязкостью и относительным удлинением (литые и кованные легированные стали);

- высокопрочные композиционные материалы с матрицей из титановых сплавов;
- пластики, наполненные ориентированными волокнами арамидов, углерода, оксида алюминия, волокнами бора и др.

Основным средством защиты для военнослужащего был и остается бронежилет, защищающий большую часть жизненно важных органов и представляющий собой тканевой чехол с пластинами, помещенными в специально отведенные для них карманы [2,3]. Для систематизации средств защиты, согласно ГОСТу 34286-2017 «Бронеодежда. Классификация и общие технические требования», вступившему в силу в 2019 году, составлена классификация, представленная в таблице 1.

Таблица №1

Классы защитной структуры бронеодежды по стойкости к воздействию регламентированных средств поражения

Класс защитной структуры бронеодежды	Наименование средства поражения	Оружие	Характеристика поражающего элемента			Дистанция обстрела, м
			Тип сердечника	Масса г	Скорость, м/с	
1	2	3	4	5	6	7
Специальные классы защиты						
С	Холодное оружие	Штык-нож инд. 6Х5 заводской заточки	-	Энергия удара (49±1) Дж		-
С1	18,5-мм охотничий патрон	Охотничье ружье 12 калибра	Свинцовый	34,0±1,0	390-410	5±0,1
С2	Имитатор осколка	Баллистический ствол без нарезов	Стальной шарик	1,05	V <sub>50%</sub>	-
Основные классы защиты						
Бр 1	9х18 мм пистолетный патрон с пулей Пст, инд. 57-	9-мм АПС, инд. 56-А-126	Стальной	5,9	335±10	5±0,1

Н-181С						
Бр 2	9x21 мм патрон с пулей П, инд. 7Н28	9-мм СР-1, инд. 6П53	Свинцовый	7,93	390±10	5±0,1
1	2	3	4	5	6	7
Бр 3	9x19 мм патрон с пулей Пст, инд. 7Н21	9-мм ПЯ, инд. 6П35	Стальной термоупрочненный	7,0	410±10	5±0,1
Бр 4	5,45x39 мм патрон с пулей ПП, инд. 7Н10	5,45-мм автомат АК74, инд. 6П20	Стальной термоупрочненный	3,5	895±15	10±0,1
	7,62x39 мм патрон с пулей ПС, инд. 57-Н-231	7,62-мм автомат АКМ, инд. 6П1	Стальной термоупрочненный	7,9	720±15	10±0,1
Бр 5	7,62x54 мм патрон с пулей ПП, инд. 7Н13	7,62-мм винтовка СВД, инд. 6В1	Стальной термоупрочненный	9,4	830±15	10±0,1
	7,62x54 мм патрон с пулей Б-32, инд. 7-БЗ-3	7,62-мм винтовка СВД, инд. 6В1	Стальной термоупрочненный	10,4	810±15	10±0,1
Бр 6	12,7x108 мм патрон с пулей Б-32, инд. 57-БЗ-542	12,7-мм ОСВ-96	Стальной термоупрочненный	48,2	830±20	50±0,5

Для обеспечения защиты по классу Бр1 применяются мягкие баллистические пакеты на основе арамидных тканей или материала из высокомолекулярного полиэтилена. Как правило, мягкие бронепакеты легкие и удобные в эксплуатации ввиду их гибкости [3,4].

Мягкие бронепакеты защиту по классу Бр2 обеспечить не могут. Для этого применяют бронепластины на основе прессованного сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), стали или алюминия [5]. Также возможно применение бронепластин, изготовленных путем прессования арамидных тканей с термопластичным связующим.

Для обеспечения защиты по классу Бр3 используют как бронепластины из СВМПЭ, так и металлические пластины из стали.

Для обеспечения класса защиты Бр4 используют бронепластины из стали или комбинированные бронепластины из твердого керамического материала и арамидной или полиэтиленовой подложки [6].

Для обеспечения класса защиты Бр5 используют бронепластины из твердого керамического материала и арамидной или полиэтиленовой подложки.

Применяется керамика на основе оксида алюминия, карбида кремния и карбида бора. Наиболее дешева и доступна алюмооксидная керамика. Перспективными являются бронепанели, состоящие из керамического слоя и композитной подложки [7,8]. Стальные плиты, хоть в настоящее время наиболее распространены в Российской армии, однако, имеют недостатки, препятствующие их использованию в будущем. Самый существенный их недостаток – это большой вес.

В таблице 2 приведено сравнение между стальной и бронепанелью из композитных материалов.

Таблица №2.

Сравнительные характеристики бронепанелей из стали и композитных материалов.

Показатель	Пластина из композитного материала	Пластина из стали	Комментарий
1	2	3	4
Низкий вес	Да	Нет	Бронежилет по 3-му классу защиты с двумя пластинами из полимерного материала весит на целых 2 кг меньше, чем бронежилет со стальными пластинами
Отсутствие рикошета	Да	Нет	Большинство солдат погибает от осколков, от ricochetивших от стальной пластины. От полимерной пластины рикошета нет

1	2	3	4
Повреждение внутренних органов	Не опасна	Опасна	Учитывая, что сталь плохо тянется, при попадании пули стальная панель бьет по телу всей площадью, нанося внутренние разрывы органов и внутреннее кровотечение, которое сложно лечить
Защита по 3-му классу NIJ (США)	Обеспечивает	Не обеспечивает	Пули М193 (калибр 5,56x45 мм), выпущенные из популярных на западе автоматов М-16, легко пробивают стальные панели, благодаря сверхвысокой скорости пули (990 м/с). Композитная панель легко останавливает такую пулю.

**Цель работы:** разработка композиционной бронеплиты по классу защиты Бр4, Бр5 с использованием арамидных материалов АО «Каменскволокно».

**Задачи:**

- подбор композиционных структур баллистического назначения с применением материала, изготовленного в АО «Каменскволокно»;
- получение опытных образцов композиционных структур баллистического назначения с характеристиками не хуже существующих образцов;
- баллистические испытания полученных образцов.

В работе была использована технология получения композитных подложек на основе арамидной ткани и связующего.

Материалы, из которых изготавливалась подложка:

- арамидная ткань арт. КВ-145 С;
- полиэтиленовая пленка.

Сборка подложки осуществлялась поочередно, слой за слоем укладывались арамидная ткань и полиэтилен. Затем собранная заготовка помещалась в вакуумный мешок.

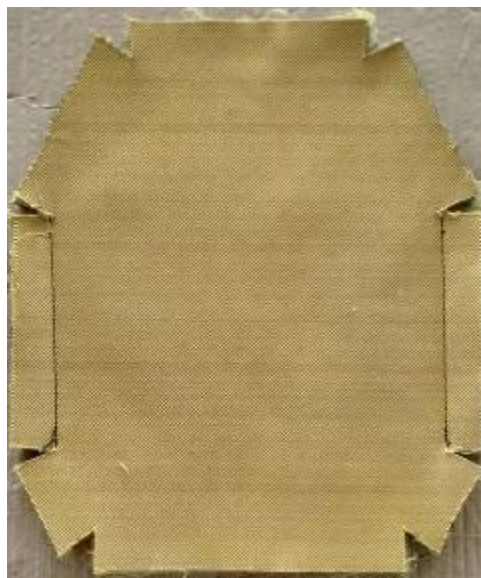


Рис. 1. - Сборка заготовки для подложки

В вакуумном мешке создавался вакуум 0,96 атм., затем мешок помещался в термошкаф.



Рис. 2. - Вакуумное прессование

Преимущество вакуумного прессования заключается в отсутствии необходимости изготовления сложной оснастки для получения изделий сложной формы.



Рис. 3. - Арамидная подложка радиусной формы с загнутыми краями, изготовленная при помощи вакуумного прессования

По ряду технологических и экономических причин наибольшее распространение в области брони получил оксид алюминия, карбид кремния и карбид бора. По соотношению поверхностной плотности и уровня противопульной стойкости, наиболее подходящей для применения в бронеконструкциях считается керамика из карбида бора, но она же и самая дорогая [9]. Наиболее тяжелой, но зато доступной для применения в качестве брони является корундовая керамика [10]. В среднем в расчёте на 1 кг карбид кремния стоит в 5 раз, а карбид бора в 10 раз дороже корунда. Исходя из этих данных, работы по изготовлению бронепанелей производились с керамикой из оксида алюминия компании «Алокс».



Рис. 4. – Керамический слой из оксида алюминия склеенный полимерным связующим в арамидном конверте

Приклеивание керамики к подложке осуществлялось при помощи полиуретанового клея. Керамическая часть и подложка оборачиваются «рубашкой» - слоем жертвенной ткани, которая вбирает в себя некоторую часть клея, улучшая сцепление керамики с арамидной подложкой и в то же время повышая баллистические свойства.



Рис. 5. - Приклеивание керамики к подложке. Оборачивание панели в арамидную «рубашку».







Рис. 6. - Опытный образец бронепанели Бр4 класса защиты, изготовленный на основе алюмооксидной керамики и арамидной ткани

Перечень изготовленных образцов по классу защиты Бр4 представлен в таблице 3.

Таблица №3

Состав и основные ТТХ опытных образцов БП Бр4 класса защиты.

Номер БП	Производитель керамики	Состав		Теоретическая поверхностная плотность панели, кг/м <sup>2</sup>	Расчётная масса панели площадью 7,5 дм <sup>2</sup>	Климатические условия проведения испытаний
		Подложка	Керамика, мм			
01/21112	Алокс	КВ145С+. ПЭ	Плитка Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,94	2,70	Нормальные
02/21112						Нормальные
03/21112						+ 50°С
04/21112						- 50°С

Перечень изготовленных образцов по классу защиты Бр5 представлен в таблице 4.

Таблица №4

Состав и основные ТТХ опытных образцов БП Бр5 класса защиты.

Номер БП	Производитель керамики	Состав		Теоретическая поверхностная плотность панели, кг/м <sup>2</sup>	Расчётная масса панели площадью	Климатические условия проведения испытаний
		Подложка	Керамика, мм			



					7,5 дм <sup>2</sup>	
01/121121	Алокс	КВ145С+ ПЭ	Плитка Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42,13	3,16	Нормальные
02/121121						Нормальные
03/121121						+50°С
04/121121						-50°С

### Условия и порядок проведения испытаний

Испытания опытных образцов бронепанелей в составе фрагмента защитной композиции бронезишета (далее ФЗК БЖ) прошла на базе Центрального научно-исследовательского института точного машиностроения в городе Подольск Московской области.

Испытания образцов на воздействие средств поражения проводились под углом  $90^{\circ} \pm 5^{\circ}$  к лицевой поверхности манекена. На образце намечали точки попадания таким образом, чтобы три из них разместить в зоне размером 100x100 мм. Измерения проводили линейкой по ГОСТ 427. По каждой опытной защитной панели было проведено не менее пяти зачетных выстрелов из образцов нарезного оружия.

Образцы плотно прижимались к фрагменту защитной композиции бронезишета прижимными ремнями. Вся защитная композиция плотно прижата ремнями к войлоку толщиной 20 мм.

Осмотр внешнего вида образца и характера попадания пули проводился после каждого выстрела.

Средства поражения объектов испытаний Бр4, Бр5 класса защиты приведены в таблице 5.

Таблица №5

Средства поражения объектов испытаний Бр4, Бр5 класса защиты.

Класс	Пули огнестрельного оружия по ГОСТ 34286—2017
-------	---

защитной структуры бронеодежды по ГОСТ 34286—2017	Оружие	Патрон	Тип пули	Масса пули, г	Скорость пули на расстоянии (3±0,1) м, м /с	Дистанция обстрела, м ***
Бр4	5,45-мм автомат АК74, инд. 6П20	5,45x39 мм патрон с пулей ПП, инд. 7Н10	Стальной термоупрочненный	3,5	895±10	10±0,1
	7,62-мм автомат АКМ, инд. 6П1	7,62x39 мм патрон с пулей ПС, инд. 57-Н-231		7,9	720±15	10±0,1
Бр5	7,62x54 мм патрон с пулей ПП, инд. 7Н13	7,62-мм винтовка СВД, инд. 6В1	Стальной термоупрочненный	9,4	830±15	10±0,1
	7,62x54 мм патрон с пулей Б-32, инд. 7-БЗ-3			10,4	810±15	10±0,1

\*\*\* Скорость поражающего элемента регистрируют на расстоянии (3±0,1) м от дульного среза.

### Результаты испытаний

Результаты испытаний образцов бронепанелей Бр4 класса защиты по оценке пулестойкости приведены в таблице 6.

Таблица №6

Результаты испытаний образцов бронепанелей Бр4 класса защиты.

Номер образца	Номер выстрела	Тип боеприпаса	Скорость пули м/с	Характер поражения бронепанели	Характер поражения бронепанели в составе ФЗК
01/21112	1	АК74,	890	Непробитие	Непробитие

(н.у.)	2	7Н10	893	Непробитие	Непробитие
	3		901	Непробитие	Непробитие
	4		908	Непробитие	Непробитие
	5		900	Непробитие	Непробитие
02/21112 (н.у.)	1	АКМ, 57-Н-231 (ТУС)	728	Непробитие	Непробитие
	2		732	Непробитие	Непробитие
	3		744	Непробитие	Непробитие
	4		735	Незначёт по месту	Непробитие
	5		740	Непробитие	Непробитие
	6		741	Непробитие	Непробитие
03/21112 (плюс 50 ° С)	1	АКМ, 57-Н-231 (ТУС)	732	Непробитие	Непробитие
	2		738	Непробитие	Непробитие
	3		740	Непробитие	Непробитие
	4		724	Непробитие	Непробитие
	5		725	Непробитие	Непробитие
04/21112 (минус 50 ° С)	1	АКМ, 57-Н-231 (ТУС)	730	Непробитие	Непробитие
	2		740	Непробитие	Непробитие
	3		724	Непробитие	Непробитие
	4		735	Непробитие	Непробитие
	5		728	Непробитие	Непробитие

Результаты испытаний образцов бронепанелей Бр5 класса защиты по оценке пулестойкости приведены в таблице 7.

Таблица №7

Результаты испытаний образцов бронепанелей Бр5 класса защиты

Номер образца	Номер выстрела	Тип боеприпаса	Скорость пули м/с	Характер поражения бронепанели	Характер поражения бронепанели в составе ФЗК

01/121121 (н.у.)	1	СВД, 7Н13	840	Непробитие	Непробитие
	2		820	Непробитие	Непробитие
	3		828	Непробитие	Непробитие
	4		822	Непробитие	Непробитие
	5		825	Непробитие	Непробитие
02/121121 (н.у.)	1	СВД, 7-БЗ-3	800	Непробитие	Непробитие
	2		809	Непробитие	Непробитие
	3		799	Непробитие	Непробитие
	4		820	Непробитие	Непробитие
	5		830	Непробитие	Непробитие
03/121121 (плюс 50 ° С)	1	СВД, 7Н13	790	Непробитие	Непробитие
	2		755	Непробитие	Непробитие
	3		807	Непробитие	Непробитие
	4		812	Непробитие	Непробитие
	5		810	Непробитие	Непробитие
04/121121 (минус 50 ° С)	1	СВД, 7-БЗ-3	825	Непробитие	Непробитие
	2		828	Непробитие	Непробитие
	3		825	Непробитие	Непробитие
	4		825	Непробитие	Непробитие
	5		827	Непробитие	Непробитие

### Критерии оценки результатов испытаний

Результаты испытаний образцов конструкций оценивались с учетом места попадания пули в площадь броневой панели и квалифицируются по следующим критериям:

А) зачетные поражения:

- попадание пули в тело броневой панели
- минимальное расстояние от центра поражения до края броневой панели и расстояния между центрами соседних поражений более или равного 50 мм;

Б) незачетные поражения:

– минимальное расстояние от центра поражения до края броневой панели и расстояния между центрами соседних поражений менее 50 мм.

Сквозным пробитием считается пробитие осколками пули или фрагментами взаимодействия пули и образца полной защитной композиции.



Рис.7. – Бронепанель Бр4 класса защиты после испытаний.



Рис.8. – Разрушение керамического слоя бронепанели Бр4 класса защиты

### **Заключение**

В результате работы были разработаны, созданы и испытаны бронепанели, содержащие арамидные материалы производства АО «Каменскволокно». Полученные результаты показали, что изготовленные бронепанели обладают пулестойкостью по классу защиты Бр4 и Бр5 ГОСТ 34286-2017.

Данные результаты были достигнуты благодаря использованию материалов АО "Каменскволокно", которые по своим характеристикам превосходят аналогичные материалы конкурентов.

Результаты баллистических испытаний показывают конкурентоспособность полученных опытных образцов бронепанелей уже имеющимся на рынке серийно выпускаемым изделиям защитных баллистических материалов.

Таблица №9

Сравнение масса-габаритных характеристик бронепанелей Бр4 класса защиты разных производителей.

Производитель	Класс защиты	Состав	Площадь защиты, дм <sup>2</sup>	Масса, кг	Поверхностная плотность, кг/м <sup>2</sup>	Толщина, мм
Техинком	5А	Керамокомпозитная панель	8,2	3,02	36,78	16,5
Щёлковская шелкоткацкая фабрика	Бр4	Керамокомпозитная панель	7,1	2,52	35,33	16,5
АО «Каменскволокно»	Бр4	Керамокомпозитная панель (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + KB145C+ПЭ)	7,5	2,70	35,94	16,5

Таблица №10

Сравнение масса-габаритных характеристик бронепанелей Бр5 класса защиты разных производителей.

Производитель	Класс защиты	Состав	Площадь защиты, дм <sup>2</sup>	Масса, кг	Поверхностная плотность, кг/м <sup>2</sup>	Толщина, мм
АО НПП «КЛАСС»	Бр5	Керамокомпозитная панель	7,6	3,37	44,37	21,5
Щёлковская шелкоткацкая фабрика	Бр5	Керамокомпозитная панель	7,2	3,21	44,70	20,8
АО «Каменскволокно»	Бр5	Керамокомпозитная панель (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + KB145C+ПЭ)	7,6	3,19	42,13	18,5



## Литература

1. Беспалов И.А., Алексеев М.О., Купрюнин Д.Г. Лёгкие защитные структуры. Москва, 2017. 365 с.
2. Денисов А.В., Крайнюков П.Е., Кокорин В.В. Особенности заброневого травмы при использовании современных бронежилетов скрытого ношения. Санкт-Петербург, 2020. 56-64 с.
3. Харченко Е.Ф. Композитные, текстильные и комбинированные бронематериалы. Том 2. Современные защитные структуры и средства бронезащиты. Москва, 2014. 332 с.
4. Бхатнагар А. Лёгкие баллистические материалы. Москва, 2011. 392 с.
5. Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В. Материалы и структуры лёгкой бронезащиты. Москва, 2014. 193 с.
6. Харченко Е.Ф., Ермоленко А.Ф. Композитные, текстильные и комбинированные бронематериалы. Том 1. Механизмы взаимодействия с баллистическими поражающими элементами. Москва, 294 с.
7. Харченко Е.Ф., Ермоленко А.Ф. Композитные, текстильные и комбинированные бронематериалы. Том 3. Особенности крупнопанельного бронирования вооружения и техники. Москва, 2015. 235 с.
8. Беспалов И.А., Григорян В.А., Кобылкин И.Ф. Баллистическая стойкость стыковых соединений керамических пластин // Актуальные проблемы защиты и безопасности: труды 13-й Всероссийской научно-практической конференции. СПб., 2010. Т.3. Бронетанковая техника и вооружение. 140-148 с.
9. Григорян, В.А. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования. Изд. РадиоСофт, 2008. – 406 с.
10. Анастасиади Г.П., Сильников М.В. Работоспособность броневых материалов. – СПб: Изд. АСТЕРИОН, 2004. – 621с.

## References

1. Bespalov I.A., Alekseev M.O., Kupryunin D.G. Lyogkie zashchitnye struktury [Lightweight Protective Structures]. Moskva, 2017. 365 p.
  2. Denisov A.V., Krainyukov P.E., Kokorin V.V. Osobennosti zabronevoj travmy pri ispol'zovanii sovremennyh bronezhiletov skrytogo nosheniya [Features of a zaron injury when using modern body armor hidden wearing]. St. Peterburg, 2020. pp. 56-64.
  3. Kharchenko E.F. Kompozitnye, tekstil'nye i kombinirovannye bronematerialy. Tom 2. Sovremennye zashchitnye struktury i sredstva bronezashchity. [Composite, Textile and Combined Armor Materials. Volume 2. Modern Protective Structures and Means of Armor Protection]. Moskva, 2014. 332 p.
  4. Bhatnagar A. Lyogkie ballisticheskie materialy [Light Ballistic Materials]. Moskva, 2011. 392 p.
  5. Kobylkin I.F., Selivanov V.V. Materialy i struktury lyogkoj bronezashchity. [Materials and Structures of Light Armor Protection]. Moskva, 2014. 193 p.
  6. Kharchenko E.F., Ermolenko A.F. Kompozitnye, tekstil'nye i kombinirovannye bronematerialy. Tom 1. Mekhanizmy vzaimodejstviya s ballisticheskimi porazhayushchimi elementami [Composite, Textile and Combined Armor Materials. Volume 1. Mechanisms of Interaction with Ballistic Striking Elements]. Moskva, 294 p.
  7. Kharchenko E.F., Ermolenko A.F. Kompozitnye, tekstil'nye i kombinirovannye bronematerialy. Tom 3. Osobennosti krupnopanel'nogo bronirovaniya vooruzheniya i tekhniki. [Composite, Textile and Combined Armor Materials. Volume 3. Features of Large-Panel Armoring of Weapons and Equipment]. Moskva, 2015. 235 p.
  8. Bespalov I.A., Grigoryan V.A., Kobylkin I.F. Aktual'nye problemy zashchity i bezopasnosti: trudy 13-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. SPb, 2010. T.3. Bronetankovaya tekhnika i vooruzhenie. pp.140-148.
-



9. Grigoryan, V.A. Materialy i zashchitnye struktury dlya lokal'nogo i individual'nogo bronirovaniya. [Materials and protective structures for local and individual booking]. Izd. RadioSoft. 2008. 406 p.
10. Anastasiadi G.P., Silnikov M.V. Rabotosposobnost' bronevyh materialov. [Efficiency of armor materials]. St. Peterburg: Izd. ASTERION, 2004. 621p.