

УДК 534.32:531

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ БРОНЕПРЕГРАД И ЗАЩИТ ОТ ПОРАЖЕНИЯ

<sup>1</sup>Игнатова А.М., <sup>2</sup>Артемов А.О.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: [ignatovaanna2007@rambler.ru](mailto:ignatovaanna2007@rambler.ru);

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: [artemoff87@mail.ru](mailto:artemoff87@mail.ru)

В статье приведены результаты обзора существующих разновидностей бронезащитных преград, представлены сведения об их достоинствах и недостатках, оценены перспективы дальнейшего развития этого направления на основе проведенного анализа современных материалов. Существующая концепция развития вооружений направлена на применение более высокотехнологичных материалов и инновационных методов, позволяющих без увеличения массы и габаритов бронепреград повышать их защитную функцию. В соответствии с существующей концепцией, подразумевающей повышение эффективности бронезащиты и обеспечение сочетания огневой мощи, защищенности и подвижности, использование симиналов в качестве материала для создания бронепреград и защиты создает дополнительный резерв для повышения боевой и военно-экономической эффективности модернизируемой военной техники.

**Ключевые слова:** танк, броня, бронепреграды, пассивная защита, динамическая защита, материаловедение, синтетические минеральные сплавы

## ANALYTICAL REVIEW OF MODERN AND ADVANCED MATERIALS AND STRUCTURES AND BRONEPREGRAD PROTECTION AGAINST

<sup>1</sup>Ignatova A.M., <sup>2</sup>Artemov A.O.

<sup>1</sup>Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet, Perm, e-mail: [ignatovaanna2007@rambler.ru](mailto:ignatovaanna2007@rambler.ru);

<sup>2</sup>Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet, Perm, e-mail: [artemoff87@mail.ru](mailto:artemoff87@mail.ru)

The results of the review of the existing varieties of armored barrier, provides information about their strengths and weaknesses, evaluated the prospects for further development in this direction, based on the analysis of advanced materials. The current concept of the development of weapons aimed at a more high-tech materials and innovative techniques to no increase in weight and dimensions bronepregrad increase their protective function. In accordance with the existing concept, implying a more effective body armor and provide a combination of firepower, mobility and security, the use of siminalov, as a material for creating bronepregrad and protection, which creates an additional reserve for increasing military and military-economic efficiency of upgraded military equipment.

**Keywords:** tank, armor, bronepregrady, passive defense, armor, materials, synthetic mineral alloys

Развитие военной техники неизбежно движется по двум направлениям – это разработка новых поражающих средств и разработка все более современных бронепреград и защиты от поражения.

Известные [1] средства поражения и боеприпасы проникающего действия представляют обширную группу, общим признаком которой является их способность проникать внутрь цели, или обеспечивать сквозное пробитие, за счет своей кинетической энергии. В зависимости от типа цели и ее защищенности такие средства поражения могут иметь различный конструктивный облик, использовать для поражения цели различные физические механизмы. Задача таких боеприпасов – обеспечить пробитие броневой защиты и затем нанести поражение уязвимым агрегатам и экипажу, расположенным внутри цели.

Существует две основные группы боеприпасов и средств поражения.

Первая группа, бронебойные артиллерийские снаряды предназначаются для стрельбы по бронированным целям из артиллерийских систем различных калибров (рис. 1). По устройству бронебойные артиллерийские снаряды подразделяются на калиберные и подкалиберные [2].

Калиберные бронебойные снаряды получили свое название в отличие от подкалиберных и соответственно имеют калибр, совпадающий с калибром орудия. Они могут иметь камеру, снаряженную взрывчатым веществом (ВВ), или быть сплошными. Масса взрывчатого вещества, которым могут быть снаряжены такие боеприпасы, составляет 0,4–1,4% от массы всего снаряда. Главное преимущество снарядов этого типа заключается в том, что они при встрече с броней под большими углами от нормали к ней значительно меньше рикошетируют [3].

Подкалиберные бронебойные снаряды предназначены для нарезных и гладкоствольных артиллерийских систем,

стабилизирующиеся в полете вращением и оперением. Смысл разработки подкалиберных снарядов состоит в том, что они имеют меньшую по сравнению с калиберными массу и приобретают при выстреле из той же артиллерийской системы более высокую начальную скорость.

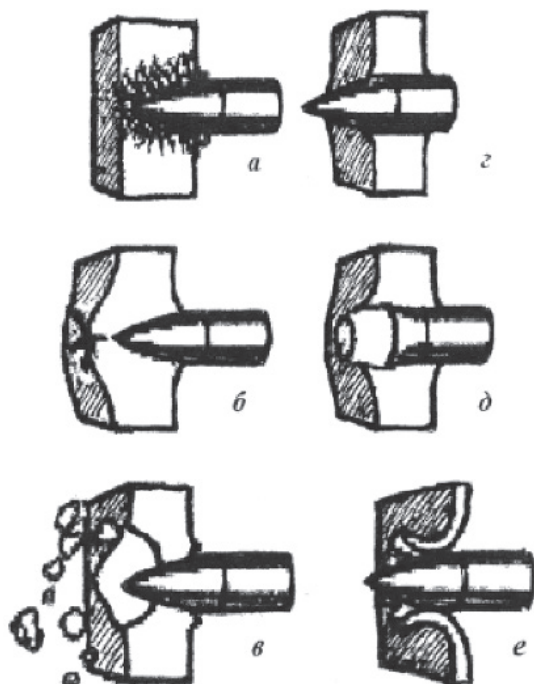


Рис. 1. Виды разрушения мишеней:  
а – хрупкое разрушение; б – разрушение с образованием радиальных трещин;  
в – дробление; г – пластическое расширение отверстия; д – выбивание пробки;  
е – образование лепестковой пробоины

Вторая группа – средства поражения и боеприпасы кумулятивного действия [4] предназначены для поражения бронированных и легкобронированных целей, та-

ких как танки, самоходные артиллерийские установки, боевые машины пехоты и бронетранспортеры. Действие кумулятивных боеприпасов по броне основано на использовании явления кумуляции (рис. 2). Кумуляция, т.е. концентрация в малом объеме силы, энергии или другой физической величины, представляет собой важнейшее явление природы. Применительно к кумулятивным боеприпасам явление кумуляции заключается в сосредоточении энергии взрыва в заданном направлении, что приводит к значительному локальному увеличению разрушительного действия. Поражение целей осуществляется кумулятивной струей, которая формируется при обжати кумулятивной облицовки взрывом заряда ВВ.

Повышение защищенности военной техники является наиболее важной, сложной и трудноразрешимой проблемой.

**Цель работы.** Для данного обзора наиболее важен аспект, рассматривающий три основные группы механической защиты: активную, пассивную (динамическую) и комбинированную.

Активная броня хорошо защищает технику от бронебойных зарядов. Однако в процессе развития этот вид защиты достиг своего физического предела из-за своего веса. Традиционно эффективность механической защиты увеличивалась за счет применения более прочного металла, увеличения толщины слоя брони (стальная броня достигает толщины до 650 мм) и изменения угла положения листов брони относительно корпуса военной техники. Такая «тяжелая» броня увеличивает вес самой военной техники, а постоянное совершенствование технологии кумулятивного оружия делает последующее увеличение толщины брони бесперспективным [5].

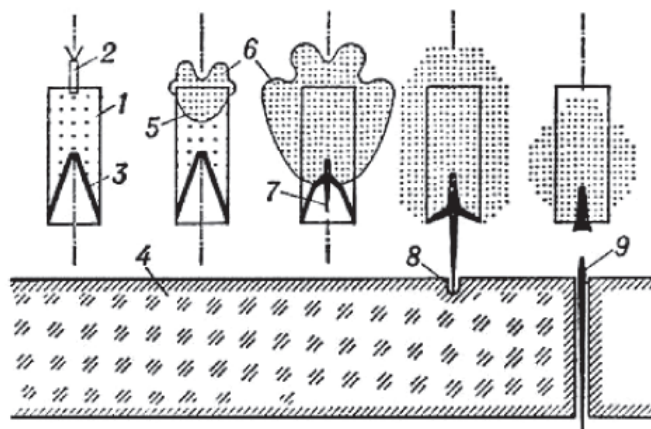


Рис. 2. Этапы взрыва кумулятивного заряда:  
1 – заряд; 2 – детонатор; 3 – облицовка; 4 – пробиваемая преграда; 5 – фронт детонационной волны; 6 – продукты детонации; 7 – начало формирования кумулятивной струи; 8 – струя пробивает преграду; 9 – струя оторвалась и пробила преграду

Более надежной является пассивная (динамическая) защита. Принцип действия динамической (пассивной) защиты (ДЗ) и ее конструкция были предложены в начале 60-х годов Б.В. Войцеховским, В.Л. Истоминым, С.В. Журавлевым и др. Пассивная защита наилучшим образом предохраняет военную технику от действия кумулятивных зарядов.

Принцип действия такой брони, содержащей ВВ, основан на том, что при прохождении кумулятивной струи (КС) происходит детонация взрывчатого вещества и метание пластин, которые разрушают кумулятивную струю. В результате бронепробитие боеприпаса снижается в несколько раз.

Различают четыре типа по расположению пассивной брони [6]:

– *Навесная* (см. рис. 3). В этом случае броня помещается на внешней поверхности основной броневой защиты. Преимущество такого типа заключается в ее относительно небольшой массе и высокой эффективности. Навесная броня по массе не превосходит массу 20 мм броневой плиты, а по эффективности струегашения превосходит броневые плиты в 5–15 раз, в зависимости от реальных углов подхода кумулятивной струи к ДЗ. Недостатком навесной защиты является ее уязвимость к действию пуль, осколков, ударных волн и продуктов детонации, которые легко сбрасывают навесную броню с основной брони танка.

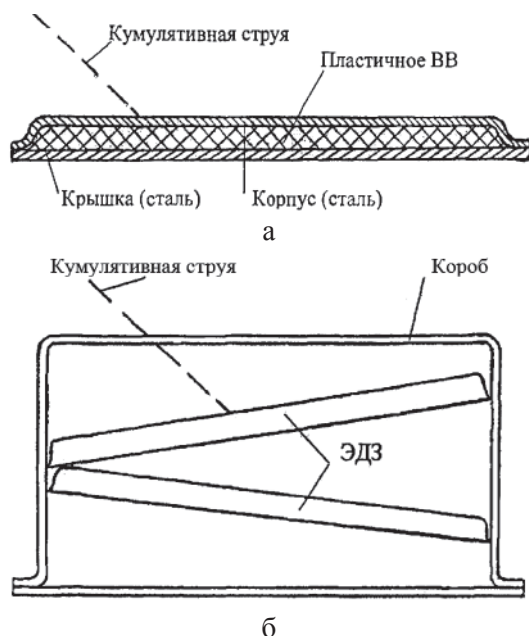


Рис. 3. Схема навесной динамической защиты (ДЗ): а – элемент динамической защиты (ЭДЗ); б – блок динамической защиты

– *Встроенная* (рис. 4). В этом случае прикрывается 10–30 мм броневыми ли-

стами, что предохраняет ее от воздействия пуль, осколков, действия ударных волн и продуктов детонации. Недостатком такой защиты является то, что она имеет примерно в два раза большую массу, чем навесная броня.

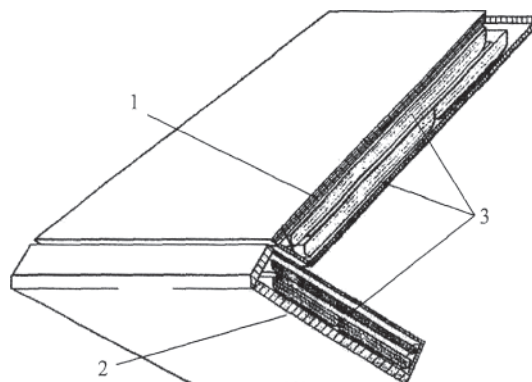


Рис. 4. «Встроенная» ДЗ: 1 – верхняя броневая крышка; 2 – нижняя броневая крышка; 3 – ЭДЗ

– *Слоистая* (рис. 5), предназначенная для борьбы с тандемными кумулятивными зарядами.

– *Заглубленная* в основную бронезащиту танка. Это перспективный тип защиты, он требует специального изготовления бронезащиты военной техники. Этот тип динамической защиты может сочетаться с навесной или встроенной броней.

Среди недостатков пассивной брони следует отметить, что, несмотря на способность противостоять КС, она легко разрушается при поражении пулями из автоматических винтовок и других видов стрелкового оружия.

Комбинированная броневая защита предполагает сочетание различных видов защиты и ряда технических решений [7], позволяющих противостоять тандемным зарядам и нескольким видам воздействия сразу. Например, стальной лист (экран), размещенный перед броней, вызывает срабатывание кумулятивного боеприпаса на увеличенном расстоянии до преграды. Часть КС не попадает в отверстие от предыдущих элементов из-за имеющегося углового рассеяния КС (струя «кривая»). В результате получается широкое и неглубокое отверстие в преграде. Экран в виде сетки разрушает головную часть боеприпаса и в момент удара о броню происходит отказ в срабатывании боеприпаса (рис. 6).

Сочетание различных конструктивных материалов в составе брони так же является средством повышения ее эффективности, например, броня с прослойками высокопрочного пластика (рис. 7). При пробива-

нии в пластике образуется отверстие значительно меньшего диаметра, чем в листах брони. Происходит касание струи о стенки пробоины в пластике, нарушается симметрия струи, КС «намазывается» на стенки пробоины и бронепробитие снижается.

Общим недостатком всех видов брони, как активной и пассивной, так и комбинированной является неспособность их противостоять электромагнитному воздействию, а также радиации и оружию массового поражения.

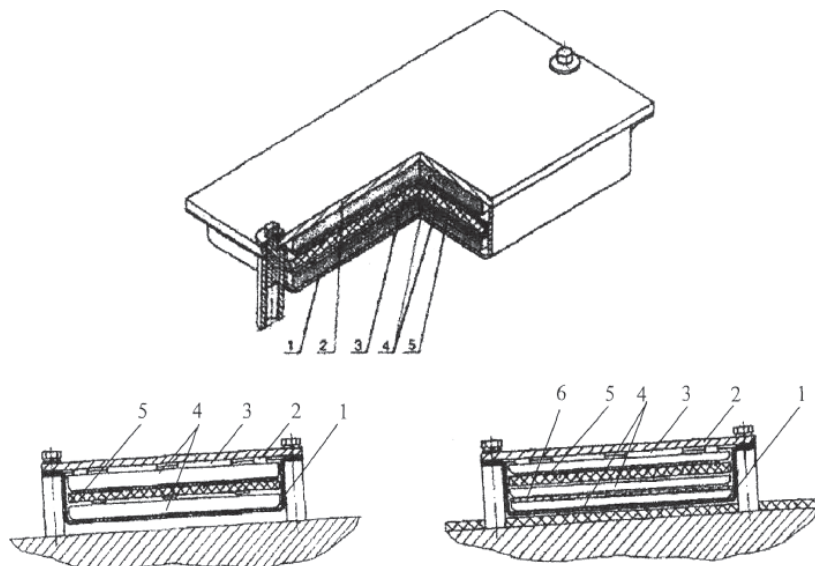


Рис. 5. Слоистая динамическая защита:

1 – металлический корпус; 2 – верхняя крышка; 3 – металлическая пластина; 4 – ЭДЗ с зарядом ВВ из трех слоев; 5 – упругий элемент (например, полиуретан) с прочностью не менее 900 кг/м<sup>3</sup>; 6 – пластина из стали высокой твердости

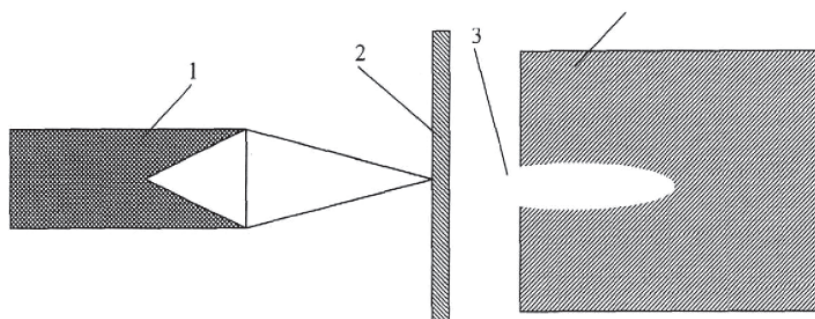


Рис. 6. Взаимодействие КС боеприпаса с броней, защищенной экраном:

1 – кумулятивный боеприпас; 2 – защитный экран; 3 – кумулятивная струя; 4 – броня танка

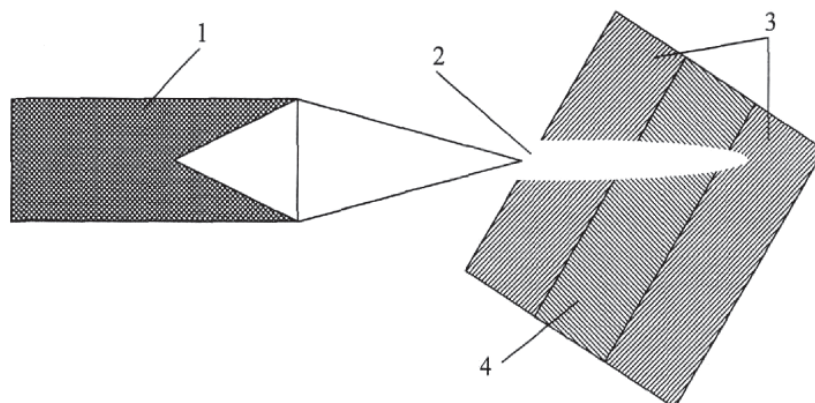


Рис. 7. Взаимодействие КС боеприпаса с комбинированной бронезащитой:

1 – кумулятивный боеприпас; 2 – кумулятивная струя; 3 – броня; 4 – пластик

Современное повышение защищенности военной техники может обеспечиваться за счет применения бронезащитных плит из материалов с увеличенными диссипативными свойствами, которые способны забрать энергию частично на разрушение бронепреграды, а также перевести ее в тепловую или иной вид энергии без повреждения корпуса защищаемого объекта.

Среди таких материалов наиболее перспективными, с нашей точки зрения, являются синтетические минеральные сплавы (симиалы). Эти материалы обладают неоднородной структурой, способной при диссипации перевести энергию заряда на раздробление самого материала и его нагрев, в результате защитные плиты «рассыпаются» на осколки размером 0,5–1,5 мм, при этом плиты с тыльной стороны практически не нагреваются, в среднем их температура в момент диссипации составляет 100–200 °С [8], корпус при этом остается неповрежденным. Плотность симиналов (около 2,86 г/см<sup>3</sup>) ниже плотности стали в три раза, поэтому их использование в качестве брони будет способствовать снижению веса военной техники, а значит, позволит увеличить ее подвижность и маневренность. Известно, что симиналы не пропускают радиационное излучение и поддаются деструкции при его воздействии [9], это означает что бронепреграда из симиналов может выполнять функцию защиты от радиационного воздействия. Указанные свойства позволяют рассматривать синтетические минеральные сплавы, как перспективные материалы для изготовления бронепреград и защиты.

### Выводы

Таким образом, в представленном аналитическом обзоре современных и перспективных материалов и конструкций бронепреград и защит от поражения рассмотрены основные виды механической защиты военной техники. В соответствии с существующей концепцией, подразумевающей повышение эффективности бронезащиты и обеспечение сочетания огневой мощи, защищенности и подвижности, использование симиналов в качестве материала для создания бронепреград и защиты что дополнительный резерв для повышения боевой и военно-экономической эффективности модернизируемой военной техники.

### Список литературы

1. Балаганский И.А., Мерзжиевский Л.А. Действие средств поражения и боеприпасов: учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2004. – 408 с. (Серия «Учебники НГТУ»).
2. Березкин Е.Н. Курс теоретической механики. – М.: Изд-во Московского университета, 1974. – 646 с.
3. Биченков Е.И., Швецов Г.А. Мегагауссные магнитные поля. Физика. Техника. Применения // Прикладная механика и техническая физика. – 1997. – Т. 38, №4.
4. Буров С.С. Конструкция и расчет танков. – М.: Изд-во академии бронетанковых войск. – 1973. – 602 с.
5. Войцеховский Б.В., Истомин В.Л. Динамическая антикумулятивная защита // ФГВ. – 2000. – Т. 36. – № 6.
6. Дорофеев А.Н., Кузнецов В.А., Саркисян Р.С. Авиационные боеприпасы. – М.: Изд-во ВВИА им. Жуковского, 1968.
7. Исследование диссипативной способности синтетических минеральных сплавов / А.М. Игнатова, А.О. Артемов, В.В. Чудинов, М.Н. Игнатов, М.А. Сокольников // Деформация и разрушение материалов и наноматериалов: IV международная конференция. Москва. 25–28 октября 2011 г. / Сборник материалов. – М.: ИМЕТ РАН, 2011. – С. 662–664.
8. Игнатова А.М., Каминский М.М., Попов В.Л. Применение каменного лит'я в атомной промышленности // Автоматизация и прогрессивные технологии в атомной отрасли: тр. VI межотраслевой НТК. – Новоуральск, 2009. – С. 130.
9. Исаков, П.П. Теория и конструкция танка. – М.: Машиностроение, 1985. – 267 с.

### References

1. Balaganskij I.A., Merzhievskij L.A. Dejstvie sredstv porazhenija i boepripasov: Uchebnik. Novosibirsk: Izd-vo NGTU. 2004. 408 p. (Serija «Uchebniki NGTU»).
2. Berezkin, E.N. Kurs teoreticheskoj mehaniki / E.N. Berezkin – M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1974. 646 p.
3. Bichenkov E.I., Shvecov G.A. Megagaussnye magnitnye polja. Fizika. Tehnika. Primenenija // Prikladnaja mehanika i tehnickeskaja fizika 1997 T. 38, no. 4.
4. Burov, S.S. Konstrukcija i raschet tankov / S.S. Burov.- M: Izd-vo akademii bronetankovyh vojsk, 1973.602 p.
5. Vojcehovskij B.V., Istomin V.L. Dinamicheskaja antikumuljativnaja zavita // FGV. 2000. T.36, no. 6
6. Dorofeev A.N., Kuznecov V.A., Sarkisjan P.C. Aviacionnye boepripasy, M.: Izd-vo VVIA im. Zhukovskogo, 1968.
7. Ignatova A.M., Artemov A.O., Chudinov V.V., Ignatov M.N., Sokolnikov M.A. Issledovanie dissipativnoj sposobnosti sinteticheskikh mineral'nyh splavov. – IV mezhdunarodnaja konferencija «Deformacija i razrushenie materialov i nanomaterialov». Moskva. 25-28 oktjabrja 2011 g./ Sbornik materialov. M: IMET RAN, 2011. pp. 662-664.
8. Ignatova A.M., Kaminskij M.M., Popov V.L. Primenenie kamenogo lit'ja v atomnoj promyshlennosti. – Tr. VI mezhotraslevoj NTK «Avtomatizacija i progressivnye tehnologii v atomnoj otrasli» – Novoural'sk, 2009. – s. 130.
9. Isakov, P.P. Teorija i konstrukcija tanka / P.P. Isakov M.: Mashinostroenie, 1985. 267 p.

### Рецензенты:

Беленький В.Я., д.т.н., проф., зам. директора, Западно-Уральский аттестационный центр, г. Пермь;

Кривоносова Е.А., д.т.н., проф., ведущий специалист, Западно-Уральский аттестационный центр, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 09.04.2012.