

УДК 623.438.2 (001.57)

С.В. Королько

*Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

## АНАЛІЗ І ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ БРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ ТА ЗАХИСТУ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ВІД УРАЖЕННЯ

*Здійснений огляд основних типів сучасних матеріалів для броньованої техніки. Наведені новітні способи захисту особового складу від ураження під час збройних конфліктів. Розглянуто основні напрямки підвищення рівня захищеності легкоброньованої техніки з використанням сучасних систем бронезахисту. Зокрема, актуальним на сьогодні є можливість створення м'якої броні, яка характеризується простотою конструкції, не вимагає спеціальних сплавів та їх термообробки та є високоефективною. Створення м'якої броні передбачає наявність бронепакета та бронеелементів спеціальної сферичної форми із заданим діаметром сфери. Це дає змогу розподілити енергію кулі внаслідок поширення ударної хвилі по всьому об'єму бронепакета.*

**Ключові слова:** бронезахист, військова техніка, м'яка броня, кевлари.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Розвиток науки і технічних засобів дає людству нові і більш широкі можливості використання сучасних матеріалів для створення різноманітних систем бронезахисту. Вимоги сьогодення під час ведення збройних конфліктів локального характеру, зокрема при проведенні антитерористичної операції на Сході країни вимагають нового підходу до створення сучасних бронематеріалів для відповідних зразків озброєння і техніки та захисту особового складу від ураження.

Тому питання підвищення рівня бронезахисту наших військ від потрапляння куль та ураження осколковими елементами бронемашин і техніки, а також індивідуального захисту особового складу шляхом створення сучасних систем бронезахисту та використанням нових матеріалів є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогоднішній день воєнна промисловість України має достатньо високий потенціал використання броньованих матеріалів, оскільки успадкувала від колишнього СРСР значну кількість науководослідних центрів, які займалися розробкою різних систем бронезахисту. Разом з тим, проведені наукові дослідження в основному базувались на створенні броні важких технічних зразків озброєння, перш за все танків та БМП. Основу твердосплавних матеріалів техніки складали сталеві та рідше комбіновані матеріали. Значна кількість та різноманітність вибору відповідних систем бронезахисту, недостатнє фінансування оборонно-промислового комплексу, відсутність коштів на нові наукові розробки стримувала розвиток таких систем та вимагала більш детального аналізу та відповідного підходу в цій галузі. Із виникненням конфлікту на

Сході України питання бронезахисту військової техніки та захисту особового складу набуло особливої актуальності.

Застосування броньованої техніки українськими силами та аналіз результатів збройних конфліктів, зокрема в зоні проведення антитерористичної операції (АТО), показав, що існуючий захист бронемашин і особового складу недостатній для виконання завдань в сучасних умовах. Як показали численні напади терористичних угруповань на наші підрозділи, особовий склад яких знаходився в цій техніці не є захищеним від застосування таких засобів ураження як фугаси, ручні протитанкові гранатомети і навіть стрілецька зброя [1]. Зокрема, важливою умовою для вивезення мирних жителів із зони АТО є наявність автомобільного транспорту, обладнаного спеціальною бронєю. Згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України було прийнято рішення надати броньовані машини для Державної служби з надзвичайних ситуацій для евакуації мирних жителів з обстрілюваних терористами населених пунктів в межах проведення АТО [2].

**Метою даної статті** є аналіз і оцінка можливостей застосування сучасних бронематеріалів та різних систем бронезахисту, зокрема "м'якої броні" для легкоброньованої техніки і захисту особового складу від ураження.

### Виклад основного матеріалу

Технологіями виготовлення і експлуатації сучасних матеріалів для бронезахисту сьогодні володіють переважна більшість розвинутих країн світу. Аналіз доступних інформаційних джерел [4, 5] свідчить, що передовими технологіями по створенню сучасної броні займаються країни США, Німеччини, Англії та ряду інших країн. В Україні системи

бронезахисту перш за все стосувались важкої техніки, зокрема танків, БМП, основним матеріалом яких була сталь. Із виникненням конфлікту на Сході країни сучасний стан захисту техніки та особового складу від ураження є недостатнім і вимагає створення сучасних комбінованих бронематеріалів та багаторівневих систем бронезахисту.

Згідно світових тенденцій, основна частина сучасних бронематеріалів зосереджена на легкоброньованих машинах (ЛБМ), причому, на думку провідних експертів з даної галузі [3], не менше 85% таких ЛБМ в подальшому будуть використовуватись в локальних збройних конфліктах. Такі тенденції перш за все пов'язані із зміною форм і методів ведення сучасних війн та локальних конфліктів. Непередбачуваний розвиток взаємодій різних ворогуючих сторін (терористичні напади, повстанські дії) вимагає постійного залучення військових підрозділів до патрулювання, несення служби на блокпостах і т.п. При цьому, основним завданням є збереження життя і здоров'я особового складу в умовах застосування засобів ближнього бою.

Розподіл ЛБМ свідчить про те [4, 5], що на озброєнні іноземних армій колісні та гусеничні ЛБМ достатньою мірою задовольняють вимоги сучасного бою. Це певною мірою досягається за рахунок використання сучасних бронематеріалів. Разом з тим, використання відповідних матеріалів для бронезахисту не повинно впливати та знижувати рівень основних бойових та технічних характеристик відповідного зразка техніки. Широко поширення набули закордонні аналоги ЛБМ БТР-90 (Росія); Pandur II (Австрія); GTK/VBM (ФРН – Франція); AMV XC-360 Rosomak (Фінляндія); Rigana IV (Швейцарія), які характеризуються масою від 18 до 25 тонн і оснащені сучасними засобами зв'язку і навігації, багатокамерними шинами, запасом ходу, можливістю навішування додаткового броньового захисту та іншими технічними характеристиками [5].

Різні марки ЛБМ, які знаходяться на озброєнні Збройних Сил України можна відновлювати як у військах, так і на заводах капітального ремонту. Однак, різноманітність, застарілий парк та укомплектування ускладнює їх відновлення та експлуатацію. Збільшення маси бойової машини внаслідок модернізації призводить до втрати бойових та технічних характеристик, плавучості, маневреності та деяких інших властивостей. У зв'язку з браком коштів для створення нових зразків легкоброньованої техніки, воєнно-промисловим комплексом України визначено стратегію, яка основана на модернізації окремих систем ЛБМ на базі силових платформ, які знаходяться на озброєнні ЗС України. Модернізація ЛБМ перш за все зосереджена на двигунах, окремих вузлах, зокрема гідромеханіч-

них трансмісіях, системах наведення, сучасних засобах навігації і зв'язку, а також на системі бронезахисту.

Ще в 2005 році започатковано створення колісних ЛБМ нового покоління, які повинні відповідати сучасним вимогам з рухливості, активного захисту, озброєння і ергономіки. Так, "Харківське конструкторське бюро з машинобудування імені О.О. Морозова" започаткувало розробку двохколісних ЛБМ з колісною формулою 4x4 ("Дозор-Б") та 8x8 (БТР-4 "Ладыя"), які мали стати базовими машинами для цілого ряду (сімейства) бойових машин (рис. 1). Активно почав працювати Київський автомобільний завод, який представив бронетранспортер КраЗ (Shrek-APC). Це повнопривідний броневий автомобіль, який призначений для перевезення бійців спец. підрозділів та має 2-ий рівень балістичного захисту. Бронезахист транспортера розроблено таким чином, щоб куля не проникла всередину, а можливість пристрілювання в результаті рикошету була мінімальною. Переднє скло Shrek-APC містить декілька шарів високоміцного скла, внутрішній шар якого виготовлений із прозорого полікарбонату.



а



б

Рис. 1. Легкоброньовані машини:  
а – "Дозор-Б"  
б – "Shrek-APC"

Бронетранспортер "Дозор-Б" та машини на його базі спочатку передбачались для озброєння та оснащення спеціальних підрозділів та сил швидкого реагування, проте із загостренням конфлікту на Сході країни, ці машини вже почали виготовляти серійно, піддавати випробуванням та відправляти в

зону бойових дій. Корпус такого бронетранспортера оснащений бронею на основі кевлару. До кінця 2015 р. спільно з Львівським бронетанковим заводом, згідно з повідомленням Укроборонпрому [7] заплановано збільшити кількість БТР “Дозор-Б” до 50-ти.

Серед великої кількості матеріалів для бронезахисту із плином часу та розвитком науки і техніки набували актуальності відповідно ті чи інші бронематеріали. Аналіз матеріалів для бронезахисту можна представити у вигляді наступного переліку: якісні спеціальні та леговані сталі для бронезахисту, титанові та алюмінієві матеріали, керамічні комбіновані матеріали, комбіновані багаточарові матеріали, композиційні та прозорі матеріали, тканинні матеріали та наноматеріали.

Аналізуючи різні матеріали для бронезахисту можна відзначити, що кращі зразки тканинних та органічних матеріалів дають змогу забезпечити захист за другим класом (ГОСТ Р 50744-95) при поверхневій густині захисної структури 8 – 12 кг/м<sup>2</sup>. Використання тканинних матеріалів типу кевлару в комбінації з твердосплавними матеріалами дає змогу підняти клас бронезахисту до вищих рівнів. Разом з тим, це призводить до зростання поверхневої густини матеріалу та зниження технічних та маневрених характеристик зразка техніки. Тому значної популярності набули комбіновані матеріали, які включають в себе як тканинні полімерні матеріали, так і твердосплавні елементи. Для захисту від ураження матеріалів, які володіють більшою кінетичною енергією (автоматні та кулеметні кулі), необхідно використовувати комбіновані захисні структури, які включають в себе металеві, композиційні або керамічні бронематеріали.

Основні напрямки вдосконалення броньового захисту передбачають:

- удосконалення звичайної броньової сталі, в тому числі створення сталевих гетерогенних матеріалів;
- залізо-вуглецеві сталі з використанням карбідів титану;
- керамічна броня (кераміка в поєднанні зі сталевими і алюмінієвими сплавами);
- використання нових неметалевих матеріалів в якості основи броні (зокрема, склопластик і склопластик в поєднанні з керамікою), інші комбіновані матеріали;
- використання полімерних та тканинних матеріалів типу кевлару;
- використання наноматеріалів на основі карбоневих трубок та карбідів бору;
- використання вуглецевих наноматеріалів;
- використання м'якої (шведської) броні.

Основною умовою створення бронематеріалів є їх міцність та твердість, а також необхідний ступінь в'язкості.

Найбільш дешевим та широко застосовуваним матеріалом є сталь. Захист екіпажу і внутрішнього обладнання машин легкої вагової категорії (ЛБМ) від кулеметно-стрілецької зброї і осколків забезпечують спецсталі, зокрема спецсталь марки 7. Однак внаслідок підвищеної технологічності і при однакових умовах в більшості випадків спецсталь має дещо знижений фактичний рівень стійкості до впливу індентора. Тобто стійкість броні на основі таких матеріалів не забезпечить захист від бронебійних та бронебійно-підкаліберних куль. Підвищена або занижена твердість та схильність до крихкого руйнування може бути причиною виходу їх з ладу [6]. Використання легованих сталей частково покращує властивості таких матеріалів. Сучасні твердосплавні матеріали досить численні і налічують більше 100 різних марок. Широкого застосування набули леговані сталі з використанням твердих сплавів вольфрамокобальтової групи, однак їхні властивості багато в чому залежать від хімічного складу, структури, способу отримання порошків кобальту і карбідів вольфраму та технологічних способів виготовлення цих матеріалів. У зв'язку з цим більш-ефективними зарекомендували себе залізо-вуглецеві сплави з використанням карбідів титану та алюмінію. Титан подібно залізу є поліморфним металом, легко входить в його структуру і, аналогічно сталі, зміцнюється легуванням різними стабілізуючими елементами та термічною обробкою двофазних сплавів. Титанові сплави за питомою міцністю та термостійкістю перевершують більшість теплостійких нержавіючих сталей. Так, сплави на основі легованих сталей з використанням в якості в'язкого компонента алюмінію вже при температурі 250 – 300 °С втрачають свої бронезахисні властивості, а сплави на основі карбідів титану знижують свої властивості лише при 450 – 500 °С, тобто мають набагато вищу термічну стійкість. Крім цього, при заміні сталевих деталей сталевими титановими можна отримати значну економію в масі [6].

Починаючи з 70-х років, в арміях зарубіжних країн набувають поширення комбіновані броньові системи захисту, що включають в себе керамічні матеріали. Ефективність використання кераміки обумовлена її високою твердістю і низькою щільністю. Однак із за недостатньої міцності, високої крихкості і низької ударної в'язкості кераміка може застосовуватися тільки у поєднанні з металевими (сталлю, алюмінієм, титаном і ін) матеріалами. На даний момент розробки показали [8], що керамічні компоненти в поєднанні зі звичайною металевою бронею є найкращим технічним рішенням (рис. 2). Керамічна броня у поєднанні з тканинними матеріалами є дуже міцною. Вона легша за металеві, але важча за тканинні бронееlementи. Однак, керамічні

бронелементи мають один принциповий недолік – низьку живучість. Керамічні бронелементи є також дорогими у виробництві.



Рис. 2. Бронематеріали на основі комбінованої сталєво-керамічної броні

Основна частина бронематеріалів для оснащення та бронезахисту сучасної техніки створюється на основі комбінованої броні. Комбіновані матеріали, з яких виготовляється броня містять переважно два функціональні елементи. Перший елемент – матеріал, який відповідає за твердість. Другий елемент – забезпечує відповідну в'язкість системи.

Часто використовуються матеріали, які знижують ефект заперешкодної дії. Це в основному матеріали на полімерній основі. В сталевих сплавах основну роль в'язкого матеріалу відігравав алюміній, рідше магній. Сталь відігравала функцію твердосплавного матеріалу.

В даний час за кордоном ведуться інтенсивні роботи щодо дослідження можливостей виготовлення корпусів і башт бойових машин легкої категорії по масі з нетрадиційних матеріалів. При цьому стінки мали товщину на 10 – 15% меншу і на 25 – 30 % легшу за масою [8]. Борти, лобова і кормова частини конструкції корпусу покривалися плитами з окису алюмінію товщиною ~ 1-3 мм, що забезпечило більш ефективний захист, ніж при використанні плит зі звичайної сталєво-алюмінієвої броні. Так широкого застосування у військовій промисловості знайшов матеріал «кевлар» фірми Du Pont de Nemours International. В якості бронезахисту використовувалась тканина «кевлар 29», яка відрізняється високим опором розриву, антикорозійною стійкістю та вогнестійкістю (рис. 3). У порівнянні з іншими типами волокон, такими як нейлон, поліефір і склотканиною, кевлар є дорожчим матеріалом, але забезпечує той же рівень захисних властивостей при масі в 2 рази меншій у порівнянні з звичайною сталєвою бронєю.

В результаті балістичних випробувань встановлено, що найбільш ефективний захист екіпажу досягається при використанні матеріалу «кевлар 29/49», розміщеного шарами в пластмасі, виготовленій з фенолу та бутилу. Кількість шарів кевлару

в бронематеріалі повинна становити не менше 10 – 15. Окрім цього, листи кевлару повинні містити 9-20% смоли. Вони встановлюються з тильного боку сталевих або алюмінієвих бронелістів. При однаковому рівні захисту кевлар - алюмінієва броня важить в 2 рази менше, ніж сталєва або композитна броня.



Рис. 3. Лист матеріалу кевлару

Матеріали на основі кевлара володіють високими ударопоглинаючими властивостями. У комбінації зі сталєвою бронєю і керамікою кевлар використовується наприклад в броньовому захисті танка М-1, «Леопард-2», та в деяких закордонних зразках БМП.

Останні десятиліття в області створення нових систем броньового захисту ознаменувались багатьма новими розробками, які вже впроваджені або впроваджуються в практику. Нові технічні рішення суттєво підвищили захищеність танків і машин легкої вагової категорії від бронебійних снарядів і кумулятивних засобів ураження. Сучасні схеми броньового захисту містять у своєму складі динамічний захист, «уранова броня», модульну броню та їхні комбінації. Ці досягнення в галузі і забезпечують різні рівні захисту без зміни загальних компонувальних технічних рішень. Крім вдосконалення активної системи захисту проводяться роботи по створенню автономних систем протидії сучасним засобам ураження таких, як навісний динамічний захист, електромагнітна система захисту, пасивний захист і т.п.

Цікава система бронезахисту розроблена шведськими вченими – так звана м'яка (шведська) броня (Saab Barracuda Soft Armor System). Це новий тип модульної броні, який може бути використаний в будівлях або транспортних засобах. Він набагато дешевший, ніж суцільнокерамічні та композитні технічні рішення.

Ідея заснована на тому, що в порожнистий пакет із звичайної листової сталі завантажують керамічні гранули, при чому вони мають бути сферичної форми (рис. 4).

Слід відзначити, що в якості сферичних кульок можна використовувати інші матеріали, наприклад скло, камінь і т.п.

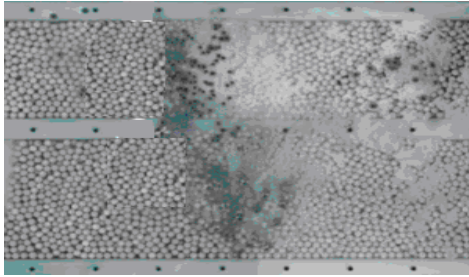


Рис. 4. М'яка шведська броня.

Ці сферичні частинки здатні поглинати енергію кулі внаслідок розосередження ударної хвилі по всьому об'єму бронепакета. Такі пакети можуть бути з'єднані з іншими пакетами та мати необмежену конфігурацію. Разом з тим, негативними чинниками цієї системи є значна маса та габарити таких бронематеріалів.

### Висновки

Таким чином в статті приведено аналіз сучасного стану розробок в галузі покращення ряду властивостей матеріалів з використанням титану і сучасних комбінованих систем бронезахисту. Використання сучасних матеріалів типу кевлар, які забезпечують ударопоглинаючі властивості кулі та комбінацією з іншими матеріалами на основі сталевих-титанових сплавів і керамічної броні дають змогу створити сучасну комбіновану броню. Запропоновано використовувати також м'яку броню як один із дешевих способів бронезахисту техніки та озброєння.

Використання нових типів матеріалів та їх різних комбінацій забезпечують високий рівень бронезахисту ЛБМ та особового складу, що відповідає сучасним вимогам збройної боротьби.

### АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БРОНИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ И ЗАЩИТЫ ЛИЧНОГО СОСТАВА ОТ ПОРАЖЕНИЯ

С.В. Королько

*Проведен обзор основных типов современных материалов для бронированной техники. Предложено новейшие способы защиты личного состава от поражения во время вооруженных конфликтов. Рассмотрены основные направления повышения уровня защищенности легкобронированной техники с использованием современных систем бронезащиты. В частности, актуальным на сегодня является возможность создания мягкой брони, которая характеризуется простотой конструкции, не требует специальных сплавов и их термообработки и является высокоэффективной. Создание мягкой брони предусматривает наличие бронепакета и бронезащитных элементов специальной сферической формы с заданным диаметром сферы. Это позволяет распределить энергию пули в результате распространения ударной волны по всему объему бронепакета.*

**Ключевые слова:** бронезащита, военная техника, мягкая броня, кевлары.

### STITUTIONALISM OPPORTUNITIES AND EVALUATION OF MODERN MATERIALS AND EQUIPMENT FOR PROTECTION ARMORED PERSONNEL FROM INJURIES

S.V. Korolko

*Done overview of the main types of modern materials for armored vehicles. These new ways of protecting personnel from injury during armed conflicts. The main directions of improvement of security lightly armored vehicles using modern armor protection systems. In particular, urgent today is the ability to create soft armor, which is characterized by simplicity of design, requires no special alloys and their heat treatment and is highly effective. Create soft armor implies armour and armour element special spherical with a given diameter sphere. This makes it possible to distribute the energy ball by the spread shock waves throughout the volume armour.*

**Keywords:** protected armored, army technical, soft armour, kevlar.

### Список літератури

1. Сайт armor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://armor.kiev.ua/indix.html>.
2. Степанов С. К вопросу о машинах поддержки или сопровождения танков / С. Степанов // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – 2003. – № 4. – С. 34.
3. Сайт soldiering.ru/army [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.soldiering.ru/army/>.
4. Математическое представление построения трехмерных тактических диаграмм с учетом движения и изменения ориентации корпуса бронированной машины в пространстве / О.Е. Шаталов, А.Ю. Ларин, А.Ю. Васильев, А.В. Мартыненко, А.Н. Ткачук, А.В. Грабовский // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск „Машиноведение и САПР” – 2005. – № 5. – С. 152-161.
5. Костюк В.В. Підвищення рівня захищеності автомобілів багатоцільового призначення локальним бронюванням / В.В. Костюк, П.О. Русіло, В.П. Белена // Військово-технічний збірник. – Львів: АСВ, 2011. – Вип. 2(5). – С. 17-22.
6. Шабатура Ю.В. Застосування титану в залізовуглецевих сплавах для підвищення стійкості конструкційних матеріалів військової техніки та озброєння / Ю.В. Шабатура, С.В. Королько // Збірка тез доповідей Міжнародної н.т.к. "Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ", Львів, 22-24 травня. – Львів: АСВ, 2013. – С. 68.
7. Сайт saabgroup.com [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.saabgroup.com/en/Civil-security/Field-Facilities-Solutions/Signature-management/Soft-Armour>.
8. Сайт dt.ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dt.ua/TECHNOLOGIES/rosijskih-viyskovih-zahistyat-nadmicnoyu-nanobroneyu>.

Надійшла до редколегії 1.04.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.В. Шабатура, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.