

УДК 623.093

Р.С. Мамчик

## АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ ПРОТИМІННОГО ЗАХИСТУ НА СУЧАСНІЙ БРОНЬОВАНІЙ ТЕХНІЦІ

*Аналіз динаміки втрат броньованої техніки, що використовується у збройних конфліктах у всьому світі, дозволяє однозначно стверджувати, що протимінний компонент комплексного захисту бронетехніки є сьогодні особливо актуальним питанням.*

*Забезпечення протимінного захисту стало однією з головних проблем, що стоїть перед розробниками сучасної броньованої техніки. Про протимінний захист сучасних броньованих автомобілів та шляхи вирішення проблеми удосконалення йдеться в цій статті.*

**Ключові слова:** протимінний захист, броньована техніка, спеціалізований транспорт.

*Анализ динамики потерь бронированной техники, которая используется в вооруженных конфликтах во всем мире, позволяет однозначно утверждать, что противоминный компонент комплексной защиты бронетехники является сегодня особенно актуальным вопросом.*

*Обеспечение противоминной защиты стало одной из главных проблем, которая стоит перед разработчиками современной бронированной техники. О противоминной защите современных бронированных автомобилей и путях решения проблемы усовершенствования идет речь в данной статье.*

**Ключевые слова:** противоминная защита, бронированная техника, специализированный транспорт.

*Analysis of the dynamics of losses of armored vehicles used in armed conflicts all around the world, allows you to state that anti-mine components of an integrated protection of armored vehicles is a particularly relevant issue today.*

*Ensuring of anti-mine protection has become one of the main problems facing the developers of modern armored vehicles. The paper considers the anti-mine protection of modern armored cars as well as the ways of solving the problems of their improvement.*

**Keywords:** anti mine defence, armoured technique, specialized transport.

Перші розробки броньованих автомобілів, спеціально захищених від підриву на мінах, відбувались протягом війни в південній Родезії в 1972–1980 рр. На початку війни збройні сили Родезії використовували неброньовані автомобілі, такі як Land Rover, які зазнавали важких втрат від протитанкових мін (до 1 загиблого та 2 поранених на 1 підрив). Відколи війна поширилась на територію Південної Африки, в цій країні почались роботи над створенням машин, захищених від мін (англ. *mine resistant vehicle*, MRV). Першою машиною цього класу став Buffel, який мав характерну тепер для класу MRAP (Mine Resistant Ambush Protected) V-подібну нижню частину корпусу. Втрати від підриву на протитанкових мінах зменшились до 1 загиблого на 21 підрив [1].

Значне розширення номенклатури та можливостей засобів боротьби з бронетехнікою зробило її живучість найважливішою умовою виконання бойового завдання. Забезпечення живучості та, у більш вузькому сенсі – захищеності броньованих автомобілів, будується на основі комплексного підходу. Не може бути універсального засобу захисту від усіх можливих сучасних загроз, тому на об'єкти бронетехніки встановлюються різні системи захисту, які взаємно доповнюють одна одну.

Протягом порівняно короткої історії броньованої техніки, яка становить близько ста років, характер ведення бойових дій неодноразово змінювався. Ці зміни носили кардинальний характер – від “позиційної” до “маневрової” війни і далі до локальних конфліктів і контртерористичних операцій. Саме характер передбачуваних бойових дій є визначальним при формуванні вимог до військової техніки, відповідно, змінювалося і ранжування основних властивостей броньованих автомобілів. Класичне поєднання “вогнева міць – захист – маневреність” неодноразово оновлювалося, доповнювалося новими компонентами. Нині утвердилася точка зору, згідно з якою саме захищеності віддається пріоритетне значення.



Автомобіль Cougar-APC під час евакуації пораненого в зоні проведення АТО підірвався на міні, проте броня врятувала життя прикордонникам і пораненому військовослужбовцю, які отримали незначні поранення

До теперішнього часу створені десятки конструкцій, систем і комплексів захисного призначення, починаючи від традиційної броні і закінчуючи системами активного захисту. У цих умовах визначення оптимального складу комплексного захисту є одним із найважливіших напрямів, вирішення якого визначає значною мірою досконалість розроблюваного броньованого автомобіля [2].

Вирішення завдання комплексування засобів захисту будується на основі аналізу потенційних загроз у передбачуваних умовах застосування. І тут слід знову повернутися до того, що характер бойових дій і, отже, “представницький ряд протитанкових засобів” сильно змінилися у порівнянні, скажімо, з Другою світовою війною. Найбільш небезпечними для бронетехніки нині є дві протилежних як за технологічним рівнем, так і за способами застосування групи засобів – високоточна зброя з одного боку, і засоби ближнього бою і міни – з іншого. Якщо застосування високоточної зброї характерно для високорозвинених країн і, як правило, призводить до досить швидких результатів зі знищення угруповань бронетехніки противника, то найширше застосування мін, саморобних вибухових пристроїв (СВП) та ручних протитанкових гранатометів з боку різних збройних формувань, носить тривалий характер. Вельми показовим у цьому сенсі досвід бойових дій в зоні проведення АТО в Україні, бойових дій США в Іраку і Афганістані. Вважаючи саме такі локальні конфлікти найбільш характерними для сучасних умов, слід визнати, що саме міни та засоби ближнього бою стали найбільш небезпечними для броньованої техніки.

За результатами аналізу військових конфліктів останніх десятиріч встановлено, що основна частина бойових уражень броньованого транспорту і загибелі їх екіпажів є наслідками підриву на протитанкових мінах і саморобних вибухових пристроях. При цьому спостерігається тенденція до їх зростання.

Втрати бойової техніки та рівень загрози, яку становлять зараз міни і саморобні вибухові пристрої, добре ілюструють узагальнені дані по втратах техніки у різних збройних конфліктах (таблиця 1).

Таблиця 1

Конфлікт	Втрати техніки від підривів на мінах, %
Друга світова війна	23
Корея	56
В'єтнам	69
Афганістан	60
Чеченська республіка	70
Ірак (операція “Буря в пустелі”)	60
Сомалі (“Відродження надії”)	60

Імовірність ураження броньованої техніки мінами, основна дія яких визначається фугасним впливом на об'єкт, значно вища в порівнянні з іншими типами мін через те, що основну частину розглянутих мін складають фугасні міни – 58 % (кумулятивні – 28 %, осколкові та осколково-фугасні – 14 %). Оскільки 74 % мін обладнані контактним підривачем, наявність активної системи протимінного захисту не виключає імовірності підриву броньованої техніки, що обумовлює необхідність покращання їх пасивного протимінного захисту [3].

Аналіз динаміки втрат дозволяє однозначно стверджувати, що протимінний компонент комплексного захисту бронетехніки є сьогодні особливо актуальним. Забезпечення протимінного захисту стало однією з головних проблем, що стоїть перед розробниками сучасної броньованої техніки.

Для визначення шляхів забезпечення захисту, у першу чергу, слід оцінити характеристики найбільш ймовірних загроз – тип і потужність застосовуваних мін та вибухових пристроїв. Нині створена велика кількість ефективних протитанкових мін, що відрізняються, у тому числі, за принципом дії. Вони можуть оснащуватися як підривачами натискної дії, так і багатоканальними датчиками – магнітометричними, сейсмічними, акустичними тощо. Бойова частина може бути як найпростішою фугасною, так і з уражаючими елементами типу “ударне ядро”, які мають високу бронепробивну здатність.

Особливості розглянутих військових конфліктів не мають на увазі наявність у супротивника “високотехнологічних” мін. Досвід показує, що у більшості випадків застосовуються міни, а частіше саморобні вибухові пристрої, фугасної дії з радіокерованими або контактними детонаторами. Приклад саморобного вибухового пристрою з найпростішим підривником натискної типу показаний на малюнках 1, 2.



Мал. 1. Саморобний вибуховий пристрій з найпростішим підривником натискної типу



Мал. 2. Саморобний вибуховий пристрій з детонатором натискного типу

При проведенні військових операцій в Іраку і Афганістані були зафіксовані випадки застосування саморобних вибухових пристроїв з вражаючими елементами типу “ударне ядро”. Поява подібних пристроїв є відповіддю на підвищення протимінного захисту бронетехніки. Хоча із зрозумілих причин виготовити високоякісний і високоефективний кумулятивний вузол “підручними засобами” неможливо, тим не менш, бронепробивна здатність таких саморобних вибухових пристроїв становить 30–40 мм сталі. Цього цілком достатньо для надійного ураження легкоброньованої техніки.

Потужність застосовуваних мін та саморобних вибухових пристроїв залежить значною мірою від доступності тих чи інших вибухових речовин, а також від можливостей по їхній закладці [4].

Як правило, саморобні вибухові пристрої виготовляються на основі промислових вибухових речовин, що мають при тій самій потужності набагато більшу вагу і об’єм, ніж “бойові” вибухові речовини. Складності по прихованій закладці таких громіздких саморобних вибухових пристроїв обмежують їхню потужність. Дані по частоті застосування мін та саморобних вибухових пристроїв з різними тротильовими еквівалентами, отриманими у результаті узагальнення досвіду бойових дій США за останні роки, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Тротильовий еквівалент, кг	Кількість застосовуваних мін (%)
0-1	0
1-2	3,5
2-3	2
3-4	0
4-5	10
5-6	17
6-7	24,5
7-8	29
8-9	3,5
9-10	5,5
>10	5

Аналіз представлених даних показує, що більше половини застосовуваних у наш час вибухових пристроїв мають тротильові еквіваленти 6 ... 8 кг. Саме цей діапазон слід визнати найбільш вірогідним і, отже, найбільш небезпечним.

З точки зору характеру ураження бронетехніки підривом вибухового пристрою, розрізняють два типу підриву: під днищем машини та за межами днища – під колесом. Характерні ураження у цих випадках показані на малюнку 3. При підривах під днищем досить імовірним є порушення цілісності (пролам) корпусу і ураження екіпажу як за рахунок динамічних навантажень, що перевищують гранично допустимі, так і за рахунок дії ударної хвилі і осколкового потоку [5]. При підривах під колесом, як правило, втрачається маневреність машини, однак, як правило, основним чинником ураження екіпажу в більшості випадків є тільки динамічні навантаження на особовий склад. Досвід бойового використання броньованих автомобілів також показує, що конструкторське розташування кабіни броньованого автомобіля безпосередньо над переднім мостом (автомобіль КамАЗ) під час підриву на мінах призводить до тяжких наслідків: особовий склад, який

знаходився в кабіні, гине або отримує важкі травми і контузії (малюнок 4). Найбільш ефективною конструкторською схемою компоновання армійського автомобіля, в плані захищеності екіпажу і збереження рухомості, вважається розташування кабіні за двигуном по типу автомобіля “КрАЗ”. Така схема компоновання забезпечує найкращий захист екіпажу від ураження осколками і вибуховою хвилею під час підриву на мінах і фугасах [6].

Малюнок (а).



Малюнок (б).

Мал. 3. Характери ураження бронетехніки при підриві під днищем (а) та під колесом (б)



Мал. 4. Характери ураження автомобіля “Камаз” при підриві на міні переднім колесом

Слід зазначити, що підходи до забезпечення протимінного захисту бронетехніки у першу чергу визначаються вимогами щодо захисту екіпажу і лише у другу – вимогами зі збереження працездатності автомобілів.

Збереження працездатності внутрішнього обладнання і, як наслідок, технічної боєздатності, може бути забезпечене за рахунок зниження ударних навантажень на це обладнання та вузли його кріплення. Найбільш критичними у цьому плані є вузли і агрегати, закріплені на днищі бронеавтомобіля, або у межах максимально можливого динамічного прогину днища при підриві. Кількість вузлів кріплення обладнання до днища слід за можливості мінімізувати, а самі ці вузли повинні мати енергопоглинаючі елементи, які знижують динамічні навантаження. У кожному конкретному випадку конструкція вузлів кріплення є оригінальною. У той же час, з точки зору конструкції днища, для забезпечення працездатності обладнання слід зменшувати динамічний прогин (збільшувати жорсткість) і забезпечувати максимально можливе зниження динамічних навантажень, переданих на вузли кріплення внутрішнього обладнання [7].

У 2007 році на території країн НАТО набув чинності нормативний документ RTO-TR-HFM-090 “Методика випробувань на захищеність членів екіпажу транспортних засобів від мінного підриву”, який є додатком до військового стандарту STANAG 4569, в якому, серед іншого, задаються рівні протимінного захисту бронеавтомобілів.

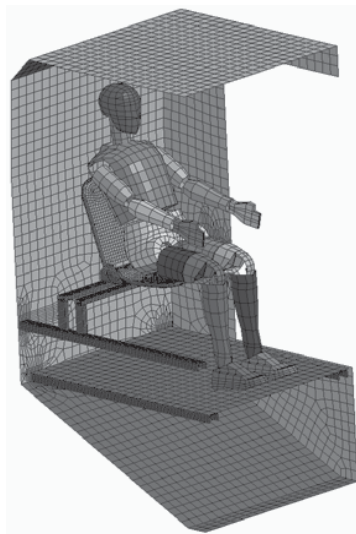
Введений в дію документ містить інформацію не тільки про критерії ушкоджень членів екіпажу при підриві на міні, а й методи їх розрахунку за результатами експериментів.

**Збереження працездатності екіпажу може бути забезпечене при виконанні ряду умов.**

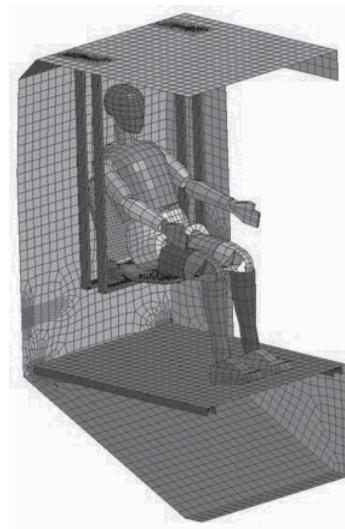
Першою умовою є мінімізація динамічних навантажень, переданих при підриві на вузли кріплення крісел екіпажу або десанту. У разі кріплення крісел безпосередньо на днище машини, на вузли кріплення буде передаватися практично вся енергія, що передається цій ділянці днища, тому потрібні надзвичайно ефективні енергопоглинаючі вузли крісел. Важливо, що забезпечення захисту при великій потужності заряду стає сумнівним.

Перспективним напрямом підвищення живучості екіпажу броньованого автомобіля при підриві на вибухових пристроях є застосування сидінь енергопоглинаючих конструкцій. Ця міра дозволяє значно знизити ймовірність пошкодження хребта членів екіпажу при підриві. При цьому важливим фактором, що впливає на живучість екіпажу та десанту, є спосіб встановлення та кріплення сидінь: до фальшпідлоги, до борту і до даху бронекорпусу.

Крім хребта, високу ймовірність пошкодження при підриві мають стопи і гомілки людини у випадку, якщо стопа знаходиться в контакті з підлогою бронеавтомобіля. У сучасних бронеавтомобілях найбільш поширеним конструктивним заходом щодо зниження ударних навантажень на ноги є фальшпідлога. Однак останні тенденції вказують на активне застосування іншого конструктивного рішення – підставок для ніг. Такі підставки, як правило, являють собою розкладний трубчастий каркас, який жорстко кріпиться до сидіння.

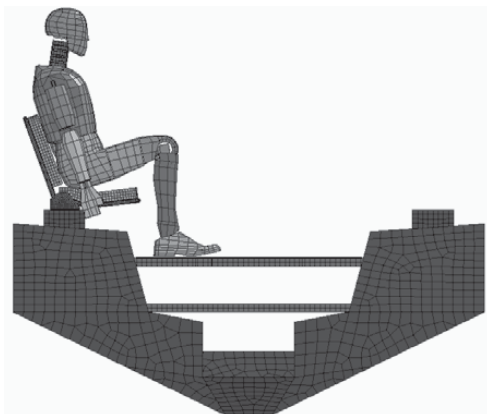


а)

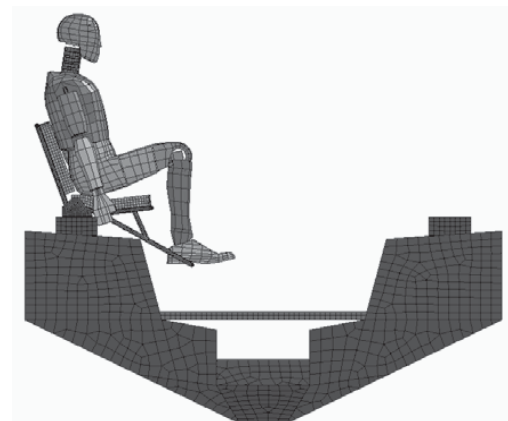


в)

Мал. 5. Геометрична поверхнева модель: а) із закріпленням сидіння до борту корпусу; б) із закріпленням сидіння до даху корпусу



а)



в)

Мал. 6. Варіанти розташування ніг члена екіпажу у броневантажі: а) ноги на підлозі; б) ноги на підставці

При кріпленні крісел до бортів або даху корпусу, куди не поширюється зона локальних “вибухових” деформацій, забезпечується передача на вузли кріплення лише тієї частини динамічних навантажень, які поширюються на корпус броневантажі загалом. Враховуючи значну масу розглянутих автомобілів, а також наявність таких факторів, як пружність підвіски і часткове поглинання енергії за рахунок локальної деформації конструкції, прискорення, передані на борт і дах корпусу, будуть порівняно невеликі.

Порівнюючи способи закріплення сидіння до даху і до борту корпусу броневантажі, дослідники зробити висновок, що в розглянутих варіантах закріплення немає принципових відмінностей, з точки зору впливу на хребет.



Проведені розрахунки показують, що застосування підставок для ніг є ефективним способом зниження ударного навантаження на ноги членів екіпажу, тобто значно підвищується травмобезпека при підриві броневих автомобілів. У разі розташування ніг на підставці ймовірність перелому гомілки становила менше 1 %, аналогічне значення для випадку розташування ніг на підлозі – близько 20 %.

Другою умовою збереження працездатності екіпажу є, як і у випадку внутрішнього обладнання, виключення контакту з днищем при максимальному динамічному прогині. Ця умова може бути досягнута чисто конструктивно, шляхом забезпечення необхідного зазору між днищем та підлогою десантного відділення. Підвищення жорсткості днища призведе до зменшення цього необхідного зазору. Таким чином, працездатність екіпажу забезпечується спеціальними амортизуючими кріслами, закріпленими у місцях, віддалених від зон можливого застосування вибухових навантажень, а також шляхом виключення контакту екіпажу з днищем при максимальному динамічному прогині. Застосування сидінь енергопоглинаючої конструкції знижує рівень прискорень, що передається екіпажу, за допомогою елементів, які поглинають енергію вибуху. Енергопоглинаючий елемент встановлюється між сидінням і корпусом броньованого автомобіля. Більшість існуючих на сьогодні енергопоглинаючих елементів оснований на перетворенні енергії вибуху в енергію пластичної деформації матеріалу [8].

Прикладом комплексної реалізації даних підходів до забезпечення протимінного захисту є клас броневих автомобілів MRAP, який з'явився порівняно недавно. Ці автомобілі захищені від підриву і атак із засідок. Вони мають підвищену стійкість як до впливу вибухових пристроїв, так і до вогню стрілецької зброї. Слід віддати належне проявленою США найвищою оперативністю, з якою були організовані розробки і постачання у великих кількостях подібних автомобілів в Ірак і Афганістан. Виконання цього завдання було доручено досить великій кількості фірм: Force Protection, BAE Systems, Armor Holdings, Oshkosh Trucks / Ceradyne, Navistar International та ін. Це зумовило значну розуніфікацію парку MRAP, зате дозволило у короткі терміни забезпечити їхнє постачання в необхідних кількостях [9].

Днище корпусу є одним із основних елементів конструкції броньованого автомобіля, що сприймає вибухове навантаження, а його форма та енергопоглинаючі властивості визначають зниження передачі дії вибуху на розміщений всередині особовий склад і внутрішнє обладнання. Тому обґрунтування раціональної форми днища, його геометричних та енергетичних параметрів є першочерговим завданням при створенні чи модернізації броневих автомобілів.

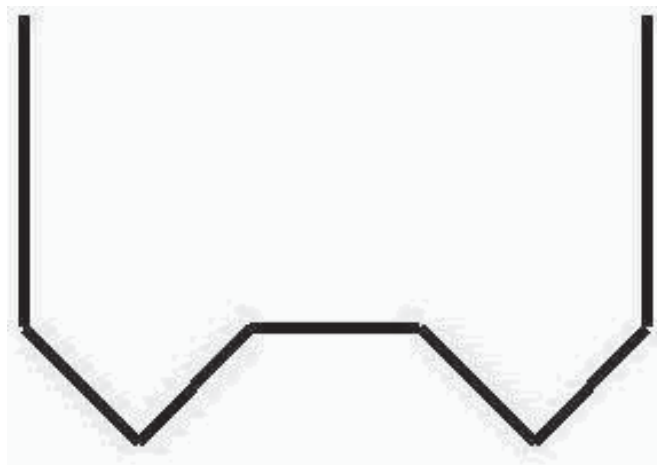
Загальними особливостями підходу до забезпечення протимінного захисту на автомобілях цих фірм є раціональна V-подібна форма нижньої частини корпусу, підвищена міцність днища за рахунок застосування сталевих броньових листів великої товщини та обов'язкове застосування спеціальних енергопоглинаючих сидінь. Захист забезпечується тільки для екіпажу та десанту. Все, що знаходиться “зовні”, у тому числі моторний відсік, або не мають захисту взагалі, або захищені слабо. Ця особливість дозволяє бронетехніці витримувати підрив досить потужних вибухових пристроїв за рахунок руйнування “зовнішніх” відсіків і вузлів з мінімізацією передачі впливу на відділення та модулі в яких перебувають військовослужбовці (малюнок 7). Реалізуються подібні рішення як на важких

машинах, наприклад, Ranger фірми Universal Engineering, так і на легких, у тому числі – IVECO 65E19WM.



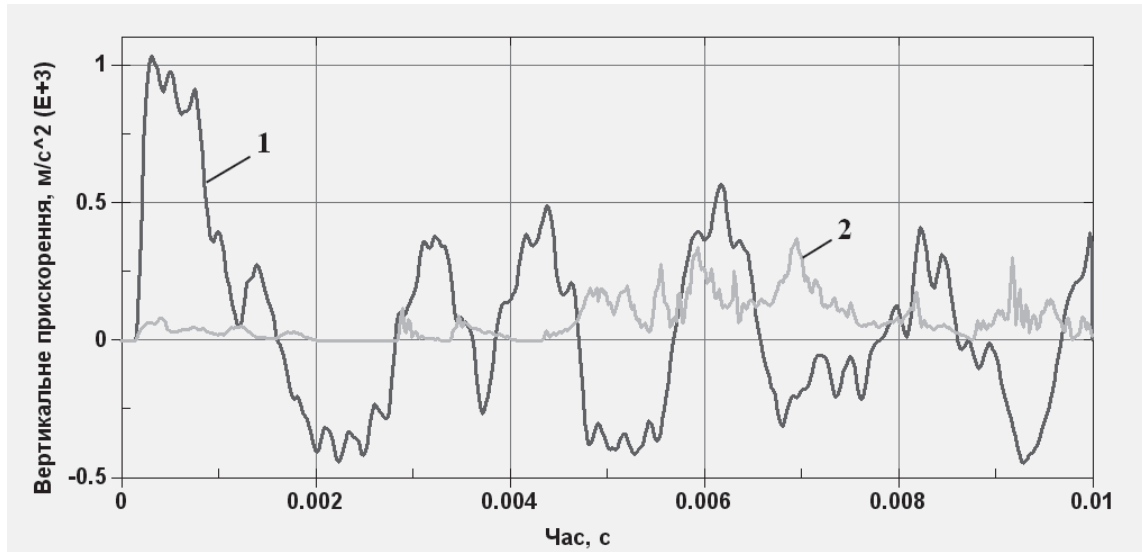
Мал. 7. Відрив коліс, силової установки та зовнішнього обладнання від десантного відділення при підриві автомобіля на міні

Існує також інший раціональний підхід при виготовленні та використанні днища, а саме днище W-подібного типу (малюнок 8).



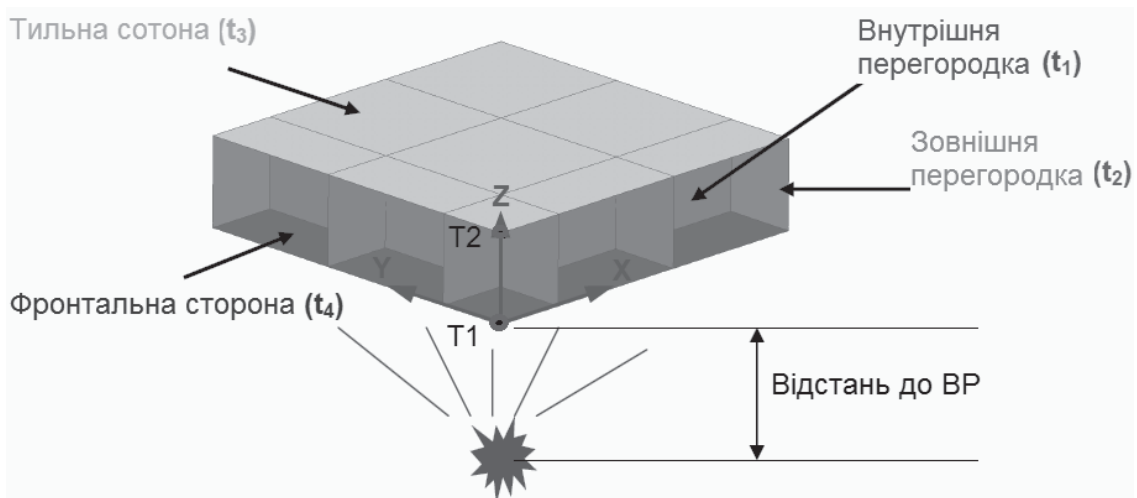
Мал. 8. W-подібна форма днища броньованого автомобіля

Використання днища (або протимінного екрану) з такою поверхнею дозволяє знизити прискорення переміщення в корпусі автомобіля під час підриву на вибухових пристроях та зменшує прогин корпусу всередину в порівнянні зі штатним днищем.



Мал. 9. Вертикальне прискорення корпусу захищеного протимінним екраном (товщиною 30 мм): 1) жорстко закріплений; 2) рухомий

Для збільшення ефективності підвищення рівня протимінного захисту броньованого автомобіля за рахунок вибору раціональної до дії вибухового навантаження форми поверхні запропоновано застосування протимінних екранів з раціональною формою поверхні. Цей захід дозволяє проводити роботи з модернізації наявних броньованих автомобілів без зміни компонування та з незначними конструктивними змінами. Запропонований новий спосіб кріплення протимінного екрану до корпусу броньованого автомобіля в направляючих, що забезпечує прогин екрану у вертикальному напрямі без навантаження на бокові стінки; а через рух екрану при деформуванні у поперечному напрямі забезпечується більше поглинання енергії вибуху, ніж тільки при деформуванні. Значення прискорень корпусу, що захищений протимінним екраном, встановленим у направляючі та жорстко прикріпленим до корпусу, отримані при числовому експерименті, наведені на малюнку 9.



Мал.10. Розрахункова схема для параметричного синтезу сотової конструкції

Запропоновано використання енергопоглинаючих стільникових конструкцій. Проведено параметричний синтез стільникової конструкції (мал. 10) для оптимізації її параметрів до дії вибухового навантаження за критерієм максимального значення внутрішньої енергії, отриманої від ударної хвилі та продуктів деформації.

З використанням оптимізованої стільникової конструкції проведена оцінка ефективності застосування такого типу енергопоглинаючих конструкцій для підвищення рівня протимінної стійкості броньованих автомобілів. Отримані результати дозволили підвищити протимінну стійкість бронеавтомобілів на 10–15 %. Перспективним напрямом подальшого підвищення протимінного захисту броньованих автомобілів є використання спінених матеріалів у стільниках. На теперішній час цей напрям досліджується.

Простим і надійним, але не найбільш раціональним з точки зору маси, є застосування товстолистової сталі для захисту днища. Більш легкі структури днища з енергопоглинаючими елементами, наприклад, шестигранними або прямокутними трубчастими деталями, застосовуються поки дуже обмежено. Застосування комплексного підходу вдосконалення системи пасивного протимінного захисту в поєднанні із запропонованими рішеннями, а саме: використання протимінного екрану з оптимізованою формою поверхні, закріпленого в направляючих та із встановленими сотовими конструкціями, дозволяють підвищити загальний рівень протимінного захисту броньованого автомобіля. Так, наприклад, у сімействі броньованих автомобілів класу MRAP реалізовані практично всі відомі на сьогодні технічні рішення щодо забезпечення протимінного захисту:

- V-подібна форма днища;
- багатошарове днище десантного відділення, протимінний піддон;
- внутрішня підлога на пружних елементах;
- розташування екіпажу на максимально можливому віддаленні від найбільш ймовірного місця підриву;
- захищені від прямого впливу зброї агрегати і системи;
- енергопоглинаючі сидіння з ремнями безпеки і підголовниками.



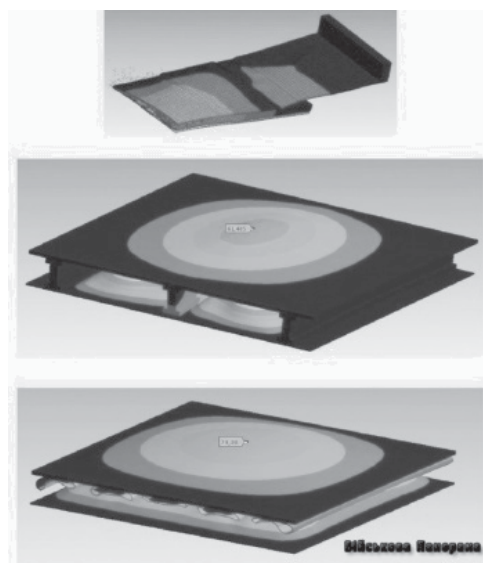
Мал. 11 Бронеавтомобіль Cougar після підриву на потужному вибуховому пристрої. Весь екіпаж автомобіля вижив

Попри те, що бронев автомобілі класу MRAP були дуже добре сприйняті військовими в Іраку, однак автомобілі цього класу мають ряд недоліків та піддавались різній критиці. Так, через великий розмір та хижий вигляд, автомобілі служать бар'єром та віддаляють військових від місцевого населення, що суперечило стратегії придушення партизанської боротьби в Іраку. Клиновидне днище разом зі збільшеним кліренсом роблять центр мас бронев автомобіля вищим, що збільшує ризик перекидання. Найбільшу небезпеку для цих автомобілів становлять дорожні насипи, поруч з якими прорита канава або канал. Задокументовані випадки перекидання броньовиків у воду із загибеллю членів екіпажу. Через велику висоту машин, в сільській місцевості Іраку та Афганістану вони можуть торкатись антенами ліній електропередач. Стрілок за туреллю на даху машини також ризикує зачепити електричні дроти.

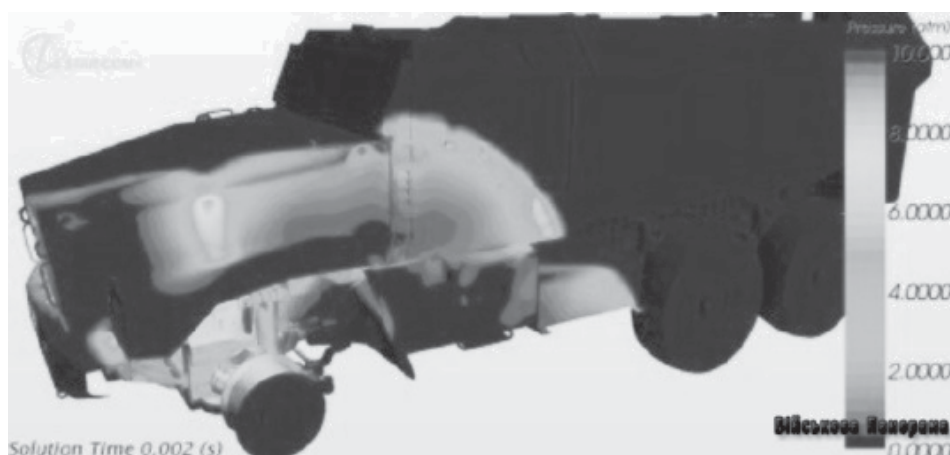
Велика вага та розміри машин також сильно обмежують їхню мобільність в сільській місцевості та при перетині річок через мости. За деякими оцінками, 72 % мостів у світі не витримають ваги машин класу MRAP. Нестандартні габарити також сильно обмежують можливості транспортування автомобілів. Збройним силам США навіть доводилося орендувати для перевезення бронев автомобілів декілька літаків Ан-124 "Руслан" [10].

Підхід до розробки протимінного захисту сучасної бронетехніки включає кілька стадій. На першому етапі виконується числове моделювання впливу продуктів вибуху на ескізну опрацьовану конструкцію. Далі уточнюється зовнішня конфігурація та загальна конструкція днища, протимінних піддонів і відпрацювання їхньої структури. Відпрацювання структур також проводиться спочатку числовими методами, а потім випробовується на фрагментах реальними підривами. На малюнку 12 наведені приклади числового моделювання впливу вибуху на різні структури протимінних конструкцій. Після завершення детальної розробки конструкції автомобіля, моделюються різні варіанти її підриву

На малюнку 13 показані результати числового моделювання підриву бронев автомобіля. За підсумками розрахунків здійснюються необхідні доопрацювання, результати яких перевіряються вже реальними випробуваннями на підрив. Така багатоступеневість розробки дозволяє оцінювати правильність технічних рішень на різних стадіях проектування і у цілому знизити ризик конструктивних помилок, обирати найбільш раціональні рішення.



Мал. 12 Картини деформованого стану різних захисних конструкцій при чисельному моделюванні впливу вибуху



Мал. 13 Картина розподілу тисків при числовому моделюванні підриву автомобіля

Спільною рисою розроблювальних сучасних бронеавтомобілів являється модульність більшості систем, у тому числі захисних. Це дозволяє адаптувати нові автомобілі до передбачуваних умов застосування і, навпаки, при відсутності будь-яких загроз, уникати невиправданих витрат. Щодо протимінного захисту, така модульність дозволяє оперативно реагувати на можливі зміни типів і потужностей застосовуваних вибухових пристроїв і з мінімальними витратами ефективно вирішувати одну з головних проблем захисту сучасної бронетехніки.

Таким чином, по розглянутій проблемі можна зробити такі висновки:

- одну з найсерйозніших загроз для бронетехніки у найбільш типових зараз локальних конфліктах представляють міни та саморобні вибухові пристрої, на частку яких припадає більше половини втрат техніки;
- для забезпечення високого протимінного захисту бронетехніки потрібен комплексний підхід, що включає в себе як компонувальні, так і конструктивні, “схемні” рішення, а також застосування спеціального обладнання, зокрема енергопоглинаючих сидінь екіпажу;
- зразки бронетехніки, що мають високий протимінний захист, вже активно використовуються, що дозволяє аналізувати досвід їхнього бойового застосування і визначати шляхи подальшого вдосконалення їхніх конструкцій.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. RTO-TR-HFM-090 Technical Report. Test methodology for protection of vehicle occupants against anti-vehicular landmine effects. April 2007.
2. G. Randers-Pehrson, K.A. Bannister. Airblast Loading Model for DYNA2D and DYNA3D. ARL-TR-1310, U. S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD, March 1997.
3. Kingery C.N., G. Bulmash. Airblast Parameters from TNT Spherical Air Burst and Hemispherical Surface Burst, April 1984.
4. Разработка бронетранспортера для внутренних войск / Котиев Г.О., Смирнов А.А., Федотов М.В. и др. // Вопросы оборонной техники. – 2009. – Серия 16. – Вып. 5–6,
5. LS-DYNA User's Manual, Version 971, May 2007, Livermore Software Technology Corporation (LSTC).
6. Wikipedia. MRAP [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://en.wikipedia.org/wiki/MRAP>.
7. Stanley P. Desjardins. The evolution of energy absorption systems for crashworthy helicopter seats [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.fire.tc.faa.gov/2004Conference/files/crash/S.Desjardins\\_Energy\\_absorption-helicopter\\_seats.pdf](http://www.fire.tc.faa.gov/2004Conference/files/crash/S.Desjardins_Energy_absorption-helicopter_seats.pdf).

8. Bustien H., Rancourt D. Evaluation of existing dummy & human numerical models [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pubs.drdc.gc.ca/PDFS/unc87/p531131.pdf>.

9. LS-DYNA User's Manual, Version 971, May 2007, Livermore Software Technology Corporation (LSTC).

10. Рябов Д.М. Методы снижения поражающего воздействия на экипаж броневедомобиля при подрыве / Рябов Д.М., Смирнов А.А., Бутарович Д.О. // Materiali VII mezinarodni vedecko-praktika conference "Nastoleni moderni vedy – 2011". – Dil. 12. Technicke vedy: Praha. Publishing House "Education and Science" s.r.o. – 104 stran.